



Уральский
федеральный
университет

имени первого Президента
России Б.Н.Ельцина

**Институт новых материалов
и технологий**

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ: ОСНОВНЫЕ МЕТОДИКИ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Учебное пособие

Министерство образования и науки Российской Федерации

Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ: ОСНОВНЫЕ МЕТОДИКИ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Учебное пособие

*Под общей редакцией доцента,
кандидата технических наук И. К. Доманской*

Рекомендовано методическим советом
Уральского федерального университета
для студентов вуза, обучающихся
по направлениям подготовки
08.03.01, 08.04.01 — Строительство

Екатеринбург
Издательство Уральского университета
2018

УДК 691:620.01(075.8)

ББК 38.30-1я73

О-93

Авторы: В. С. Руднов, Е. В. Владимирова, И. К. Доманская,
Е. С. Герасимова

Рецензенты:

директор ООО «Институт проектирования, архитектуры
и дизайна» канд. техн. наук *В. Б. Сальников*;

кафедра «Управление качеством» УрГЭУ (завкафедрой д-р
техн. наук, проф. *Л. Г. Протасова*)

**Оценка качества строительных материалов: основные
О-93 методики лабораторных испытаний** : учеб. пособие /
В. С. Руднов [и др.] ; под общ. ред. доц., канд. техн. наук
И. К. Доманской. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та,
2018. — 108 с.

ISBN 978-5-7996-2353-1

Представлены сведения о современном состоянии строительства и тенденциях развития производства основных видов строительных материалов в Российской Федерации. Дана классификация и характеристика материалов и изделий, используемых в строительстве, описана методология оценки их качества в соответствии с требованиями нормативных документов, а также краткие методические рекомендации для экспериментального определения основных строительно-технических свойств в лабораторных условиях.

Пособие предназначено для студентов всех форм обучения по направлениям «Строительство» (08.03.01 и 08.04.01), «Строительство уникальных зданий и сооружений» (08.05.01), а также специалистов строительной отрасли.

Библиогр.: 12 назв. Табл. 22. Рис. 26.

УДК691:620.01(075.8)

ББК 38.30-1я73

ISBN 978-5-7996-2353-1

© Уральский федеральный
университет, 2018

Введение

Как известно, строительство представляет собой специфическую отрасль материального производства, особенности которой связаны с большой длительностью процесса изготовления и сроком службы строительной продукции (здания и сооружения различного назначения), ее высокой стоимостью и материалоемкостью. Для возведения строительных объектов необходимо огромное количество различных материалов и изделий, номенклатура которых может достигать нескольких сотен единиц; затраты только на их приобретение, как правило, составляют 50–70 % и более в сметной суммарной стоимости строительно-монтажных работ. Очевидно, что правильный выбор строительных материалов, обеспечение необходимой технологии их применения и соответствующих условий дальнейшей эксплуатации во многом определяют надежность, безопасность, экономичность и эффективность зданий и сооружений. Немаловажным при этом является учет территориально-климатических особенностей региона и состояние строительства в целом.

Строительный сектор является одной из важнейших отраслей экономики, на долю которого приходится около 7 % валового внутреннего продукта (ВВП) России. В 2016 г. в этом секторе экономики было трудоустроено 7 000 000 россиян, сдано в эксплуатацию 217 000 зданий, из которых 93 % пришлось на жилые дома, 7 % — на здания нежилого фонда.

В 2016 г. введено в эксплуатацию 1169,4 тыс. квартир общей площадью 83 800 000 м², что составило 99,5 % к соответствующему периоду предыдущего года. Среди субъектов Российской Федерации наибольшие объемы жилищного строительства наблюдаются: в Московской области введено 10,1 % от сданной площади жилья в целом по России, Краснодарском крае — 5,5 %, Москве — 4,6 %, Санкт-Петербурге — 3,6 %, Республике Башкортостан — 3,2 %, Свердловской области — 3,0 %, Республике Дагестан — 2,1 %.

Что касается строительных материалов, то для такой огромной страны, как Россия, географически наиболее универсальным материалом можно считать бетон и железобетон.

По данным Росстата, в отрасли по производству сборных железобетонных изделий насчитывается 975 крупных и средних предприятий, в том числе около 150 предприятий и организаций, выпускающих панели и другие конструкции для крупнопанельного домостроения.

Производство сборного железобетона имеется во всех субъектах РФ, но по состоянию на начало 2017 года более половины выпуска сосредоточено в наиболее инвестиционно привлекательных Центральном и Приволжском федеральных округах (рис. 1).

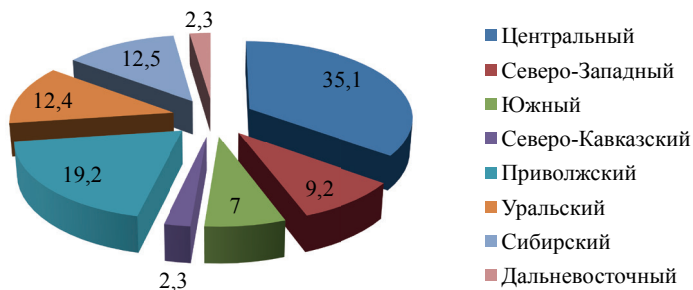


Рис. 1. Территориальная структура производства сборного железобетона по федеральным округам РФ (%)

По объему производства и применения бетон намного опережает другие виды строительных материалов. Например, в 2016 году предприятия Свердловской области произвели тяжелого бетона по 0,4 м³ на каждого жителя.

По основным показателям строительной отрасли и по объемам производства товарного бетона и ЖБИ ежегодно начиная с 2010 года Свердловская область является лидером УрФО. Большое развитие в Екатеринбурге и области получает также монолитное и сборно-монолитное домостроение. По итогам 2016 года оно становится доминирующим методом в общей структуре строительного комплекса (рис. 2), чему способствует развитие процессов приготовления, доставки, подачи и укладки бетонной смеси, применение ускоренных методов твердения бетона при всесезонном производстве работ, а также формирование качественно нового этапа развития городского строительства (высотные здания и крупные торговые центры).

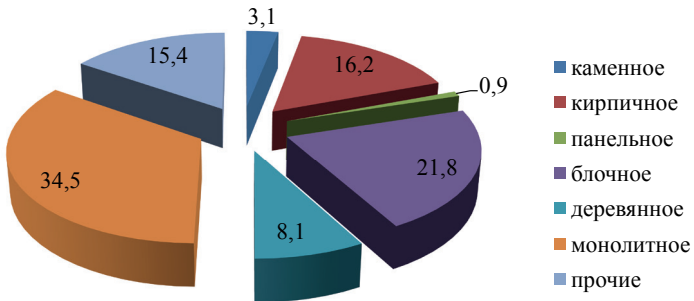


Рис. 2. Структура жилищного строительства по конструктивным системам в Свердловской области за 2016 год (%)

Существующая с начала 2000-х годов тенденция увеличения этажности проектируемых объектов приводит к спросу на бо-

лее высококачественные строительные материалы, что способствует расширению ассортимента выпускаемой продукции и развитию производственного потенциала ведущих производителей, заставляет их модернизировать свои предприятия и активно внедрять современные производственные технологии.

В ходе изучения методологии оценки качества строительных материалов студенты УрФУ в соответствии с программой обучения по дисциплинам «Строительные материалы» и «Строительные материалы. Материаловедение» выполняют лабораторные работы. Рекомендации по выполнению экспериментальной проверки качества материалов приведены в прил. 8.

1. Классификация строительных материалов

К строительным относятся различные материалы и изделия, применяемые для сооружения, оборудования и ремонта жилых зданий и других сооружений и помещений. Номенклатура строительных материалов и изделий характеризуется огромным количеством видов и разновидностей. Основными признаками классификации являются: происхождение, состав, вид исходного сырья, назначение, степень готовности.

По происхождению строительные материалы подразделяют на природные (древесина, камень, песок, глина и др.) и искусственные, полученные путем переработки природных материалов (цемент, стекло, кирпич и др.).

По составу строительные материалы подразделяют на минеральные, органические и комбинированные.

По виду исходного сырья строительные материалы и изделия подразделяют на:

- материалы и изделия из древесины — получают в результате механической обработки древесины: круглый лес, пиломатериалы, заготовки для различных столярных изделий, паркет, фанера, плинтусы, поручни, дверные и оконные блоки, клееные конструкции;

- природные каменные материалы — получают из горных пород путем их обработки: стеновые блоки и камни, облицо-

вочные плиты, детали архитектурного назначения, бутовый камень для фундаментов, щебень, гравий, песок и др.;

— материалы и изделия из керамики — получают из глины с добавками путем формования, сушки и обжига: кирпич, керамические блоки и камни, черепица, изделия из фаянса и фарфора, плитки облицовочные и для настилки полов, керамзит (искусственный гравий для легких бетонов) и др.;

— материалы и изделия из стекла — оконное и облицовочное стекло, стеклоблоки, плитки, трубы, изделия из ситаллов;

— материалы и изделия на основе волокнистых веществ, бумаги и полимеров;

— минеральные вяжущие — порошкообразные материалы, образующие при смешивании с водой пластичное тесто, со временем приобретающее камневидное состояние: цементы различных видов, известь, гипсовые вяжущие и др.;

— искусственные безобжиговые каменные материалы — получают на основе неорганических вяжущих и различных заполнителей (композиционные строительные материалы). Бетоны — искусственные каменные материалы, получаемые из смеси вяжущего, воды, мелкого и крупного заполнителей. Бетон со стальной арматурой называют железобетоном, он хорошо сопротивляется не только сжатию, но и изгибу и растяжению. Строительные растворы — искусственные каменные материалы, состоящие из вяжущего, воды и мелкого заполнителя. Бетонные и растворные смеси со временем переходят из тестообразного в камневидное состояние в результате твердения вяжущих веществ;

— материалы на основе металлов. Наиболее широко применяют в строительстве черные металлы (сталь и чугун), стальной прокат (двутавры, швеллеры, уголки), сплавы металлов, особенно алюминиевые;

— органические вяжущие вещества и материалы на их основе — битумные и дегтевые вяжущие, кровельные и гидро-

изоляционные материалы: рубероид, пергамин, изол, бризол, гидроизол, толь, мастики, асфальтовые бетоны и растворы;

— полимерные материалы и изделия — группа материалов, получаемых на основе синтетических полимеров (термопластичных и термореактивных смол): линолеумы, синтетические ковровые материалы, плитки, древесно-слоистые пластики, стеклопластики, пенопласты, поропласты, сотопласты и др.

По назначению материалы подразделяют на следующие группы:

— конструкционные материалы — воспринимают и передают нагрузки в строительных конструкциях;

— теплоизоляционные материалы, основное назначение которых — свести до минимума перенос тепла через строительную конструкцию и тем самым обеспечить необходимый тепловой режим в помещении при минимальных затратах энергии;

— акустические материалы (звукопоглощающие и звукоизоляционные материалы) — для снижения уровня «шумового загрязнения» помещения;

— гидроизоляционные и кровельные материалы — для создания водонепроницаемых слоев на кровлях, подземных сооружениях и других конструкциях, которые необходимо защищать от воздействия воды или водяных паров;

— герметизирующие материалы — для заделки стыков в сборных конструкциях;

— отделочные материалы — для улучшения декоративных качеств строительных конструкций, а также для защиты конструкционных, теплоизоляционных и других материалов от внешних воздействий;

— материалы специального назначения (например, огнеупорные или кислотоупорные), применяемые при возведении специальных сооружений.

Ряд материалов (например, цемент, известь, древесина) нельзя отнести к какой-либо одной группе, так как их исполь-

зуют и в чистом виде, и как сырье для получения других строительных материалов и изделий. Это так называемые материалы общего назначения. Трудность классификации строительных материалов по назначению состоит в том, что одни и те же материалы могут быть отнесены к разным группам. Например, бетон в основном применяют как конструкционный материал, но некоторые его виды имеют совсем иное назначение: особо легкие бетоны являются теплоизоляционным материалом; особо тяжелые бетоны — материалом специального назначения, который используют для защиты от радиоактивного излучения.

По степени готовности различают строительные материалы и строительные изделия (готовые детали и элементы, монтируемые и закрепляемые на объекте).

К строительным материалам относятся древесина, металлы, цемент, бетон, кирпич, песок, строительные растворы для каменных кладок и различных штукатурок, лакокрасочные материалы, природные камни и т.д. В отличие от изделий строительные материалы перед применением подвергают той или иной обработке — смешиванию с водой, уплотнению, механической обработке.

Строительными изделиями являются сборные железобетонные панели и конструкции, оконные и дверные блоки, санитарно-технические изделия и кабины.

Искусственные вяжущие строительные материалы разделяют по **условиям их отвердевания**:

— материалы, отвердевание которых происходит при обычных сравнительно невысоких температурах с кристаллизацией новообразований из растворов (их нередко относят к безобжиговым материалам);

— материалы, отвердевание которых происходит в основном при повышенной температуре и давлении водяного пара с синтезированием цементирующих и кристаллизирующихся соединений непосредственно в автоклавах;

— материалы, отвердевание которых происходит, главным образом, при остывании огненно-жидких расплавов, выполняющих функцию вяжущего вещества, или «цемента высоких температур» (их нередко относят к обжиговым материалам).

Выделение этих трех типов из огромного многообразия материалов является в достаточной мере условным, поскольку не всегда возможно провести четкую границу между ними, так же как и между отвердевающими растворами и расплавами. Нередко отвердевание происходит при совмещенных процессах кристаллизации и остекловывания растворов и расплавов. Условность указанного деления выражается еще и в том, что в безобжиговых конгломератах частично применяются обжиговые минеральные вяжущие вещества и они даже занимают доминирующее положение в современной номенклатуре строительных материалов.

2. Природные каменные материалы

В настоящее время большую часть строительных материалов во всем мире изготавливают из горных пород. Во все времена существования человека именно горные породы использовались в качестве основного материала для защиты от хищников и непогоды. Единственно, что изменилось за тысячелетия — это степень переработки природных каменных материалов.

Горная порода — это любая масса или агрегат одного или нескольких минералов, иногда включающих органическое вещество, являющихся продуктами природных процессов. При этом слагающее вещество может быть твердым, рыхлым (сыпучим) или мягким (низкой твердости).

Горные породы слагают земную кору и состоят обычно из одинаковых или близких по химическому составу минералов, либо минералов и обломков других горных пород. Состав, строение, условия возникновения и локализация пород находятся в зависимости от формирующих их геологических процессов, происходивших внутри земной коры или на ее поверхности.

С технической точки зрения горные породы обладают схожей структурой, которая в свою очередь определяет свойства и области применения пород. Ежегодно в мире добывают более 120 000 000 т горных пород для извлечения из них оксидов металлов, горючих ископаемых и нерудного сырья (в год по 20 т

на каждого жителя планеты). По масштабам извлекаемого и перерабатываемого минерального сырья хозяйственная деятельность человека превзошла вулканическую (10 млрд т в год) и размыв суши всеми реками мира (25 млрд т в год). Минеральный состав пород определяет рациональные области применения и степень их переработки перед использованием. Условно горные породы можно разделить на несколько основных видов:

- рудные породы (сырье для черной и цветной металлургии);
- нерудные породы (сырье для строительства).

Часть нерудных горных пород подвергается глубокой физико-химической переработке и выступает в качестве сырья для изготовления вяжущих материалов (известь, строительный гипс, портландцемент и другие), в керамической и стекольной промышленности (большинство видов глин, кварцевый песок и другие силикаты и алюмосиликаты).

Большую часть нерудных горных пород перед применением в строительстве не подвергают физико-химической обработке, а только механической. По способу получения так называемые природные каменные материалы подразделяют на грубоколотый камень — получают раскалыванием без обработки; рваный камень (бут) — добывают путем взрыва горных пород; дробленый — изготавливают измельчением или дроблением (щебень, искусственный песок) и сортированный камень (булыжник, гравий).

Каменные материалы по форме используемых агрегатов подразделяют на штучные изделия, имеющие правильную форму (плиты, блоки, бордюрные камни), и на агрегаты неправильной формы для применения в качестве заполнителей (щебень, гравий и песок) в составе бетонов и растворов. Миллионы кубометров песка, гравия и щебня ежегодно используют в качестве заполнителей для композиционных материалов (в большинстве случаев бетонов и растворов).

Заполнители занимают 85–90 % всего объема бетона. Они бывают природного или искусственного происхождения (из-

готовленные в заводских условиях) и особый вид — полученные из отходов других отраслей промышленности. Природные заполнители получают путем дробления или сортировки горных пород (гранитов, известняков, мраморов, диабазов и др.). Искусственные заполнители получают путем физико-химической переработки в отдельных технологических линиях природного или искусственного сырья. К искусственным заполнителям относятся: керамзит, аглопорит, полистирол и др. Различают заполнители крупные с размерами зерен от 5 до 150 мм (щебень, гравий) и мелкие — менее 5 мм (песок).

Крупный заполнитель бывает двух видов: гравий или щебень.

В большинстве случаев основная цель использования заполнителей в бетонах и растворах — снизить расход дорогостоящего вяжущего вещества. Для уменьшения расхода вяжущего необходимо получать более плотную упаковку заполнителей и максимально снижать межзерновую пустотность. Для этого оптимизируют зерновой состав заполнителей, разделяя его на стандартные фракции.

Щебнем называется неорганический зернистый сыпучий материал с размером зерен от 5 до 140 мм, получаемый дроблением массивных горных пород, попутно добываемых вскрышных пород или отходов горных предприятий [5].

Щебень отличается от гравия формой зерен и характером поверхности. Зерна щебня имеют неправильную форму и шероховатую поверхность, зерна гравия — округлую форму и гладкую поверхность. Форма зерен влияет на технологические свойства бетонной смеси: заполнители с округлой формой образуют более пластичные бетонные смеси с меньшим содержанием пустот.

Гравий — осадочная горная порода, представляет собой окатанные в процессе воздействия окружающей среды скопления отдельных кусков горных пород размером от 5 до 120 мм [5]. В нем могут содержаться зерна высокой прочности, например гранитные, и слабые зерна пористых известняков. Гравий обычно со-

держит мелкозернистые примеси размером менее 5 мм (пыль, глина), а иногда и органические вещества. При значительном содержании песка данную смесь называют песчано-гравийной.

В зависимости от происхождения различают гравий овражный (горный), речной и морской. Овражный (горный) гравий чаще загрязнен примесями, в то время как речной или морской — более чистые. Зерна морского и речного гравия вследствие истирания водой обычно имеют более округлую форму со слишком гладкой поверхностью, препятствующей прочному сцеплению с цементным раствором, что негативно отражается на прочности бетона. Зерна овражного гравия более остроугольные. При изготовлении бетона большое значение имеет максимально допускаемая крупность гравия, определяемая размером отверстия сита; полный остаток на нем не должен превышать 5 % от общей массы заполнителя. Прочность зерен гравия должна на 20–50 % превышать прогнозируемую прочность бетона. В гравии не допускается содержание более 1 % по массе глинистых, илистых и пылевидных примесей, определяемых отмучиванием.

Щебень и гравий со средней плотностью свыше 1800 кг/м³ предназначаются для приготовления тяжелых бетонов, искусственной смеси балластного слоя железнодорожного пути, для строительства дорог и другого вида строительных работ.

В качестве **мелкого заполнителя** применяют **песок** — рыхлую смесь зерен горных пород размером от 0,16 до 5 мм. Он образуется обычно в результате выветривания горных пород, но может быть получен искусственным путем — дроблением гравия, щебня или более крупных кусков горных пород (валунов); при утилизации отходов других производств; по специальной технологии изготовления.

Природные пески, как и любой строительный материал, классифицируют по ряду признаков:

— по минералогическому составу их разделяют на полевошпатные, кварцевые, известковые и другие;

— по происхождению — морские, речные (окатанной формы с низким содержанием пыли), овражные и горные (с высоким содержанием пыли и глины);

— по зерновому составу песок подразделяют на рядовой, обогащенный (с низким содержанием примесей размером менее 0,16 мм и более 5 мм); фракционированный (разделенный на одну или несколько фракций).

Для приготовления бетона наилучшими являются кварцевые (высокопрочные) речные (оптимальной формы) обогащенные (с низким содержанием примесей) пески.

В связи с тем, что крупный заполнитель отличается от мелкого в основном только размером зерен, то качество заполнителей принято оценивать схожими характеристиками. Технические требования, предъявляемые к мелкому и крупному заполнителям, изложены в нормативных документах: ГОСТ 8267—93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия» и ГОСТ 8736—2014 «Песок для строительных работ. Технические условия». Основными качественными показателями крупного (щебень и гравий) и мелкого заполнителя (песок) являются:

- средняя и насыпная плотности, пустотность;
- зерновой состав, выражаемый содержанием стандартных фракций (дополнительно у песка определяют модуль крупности);
- содержание вредных примесей, пылевидных, глинистых и илистых частиц, органических веществ.

Только у крупного заполнителя определяют свойства, характеризующие его как структурную ячейку композита:

- содержание зерен пластинчатой и игловатой форм, которые, располагаясь определенным образом в бетоне, могут способствовать существенному снижению прочности;
- прочность исходной горной породы.

Периодически несколько раз в год определяют содержание зерен слабых пород (для гравия и щебня из гравия), морозостойкость и минералого-петрографический состав.

Поставляют конечному потребителю сыпучие каменные материалы партиями. Партией считают объем продукции одной марки (фракции щебня), отгружаемой в одном железнодорожном составе (морском или речном судне) или автотранспортом в течение одних суток. При оценке качества сыпучего материала аналитическими методами отбирают пробы для проведения испытаний в строительной лаборатории для оценки соответствия требованиям действующих нормативов по методикам ГОСТ 8269.0–97 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний», ГОСТ 8735–88 «Песок для строительных работ. Методы испытаний». Методология определения качественных характеристик заполнителей приведена ниже.

1. **Насыпную плотность** заполнителей определяют взвешиванием материала в мерном цилиндре определенного объема в зависимости от максимального размера его частиц (табл. 1) [5]. Заполнитель насыпают в мерный сосуд с высоты 10 см до полного заполнения и образования над цилиндром конуса из материала. Образовавшийся конус снимают вровень с краями цилиндра без уплотнения материала, после чего сосуд с заполнителем взвешивают.

Таблица 1

Зависимость объема мерного цилиндра от вида материала

Материал	Песок	Щебень (гравий)			
Наибольшая крупность заполнителя, мм	5	10	20	40	более 40
Объем мерного цилиндра, л	1	5	10	20	50

Насыпную плотность заполнителя вычисляют с точностью до 10 кг/м^3 по формуле:

$$\rho_{\text{нас}} = (m_2 - m_1)/V, \quad (1)$$

где m_1 — масса пустого мерного цилиндра, кг;

m_2 — масса мерного цилиндра вместе с заполнителем, кг;

V — объем мерного цилиндра, м^3 .

2. Среднюю плотность заполнителей определяют, используя закон Архимеда. Сложность представляет определение объема некоторого количества частиц со сложной геометрией. На первом этапе определяют массу статистически достаточного объема зерен, а затем — объем данной массы зерен. Объем образцов измеряют погружением их в воду: по объему вытесненной крупным заполнителем воды с помощью упрощенного объемомера или по изменению уровня воды в мензурке при погружении песка. Каждый образец крупного заполнителя предварительно необходимо очистить металлической щеткой от пыли и высушить до постоянной массы.

Методом упрощенного объемомера можно пользоваться при массе сухого образца крупного заполнителя, превышающей 300 г, т.к. при меньшей массе снижается точность измерения. Упрощенный объемомер представляет собой металлический цилиндр со сливной коленчатой трубкой (рис. 3) [10].

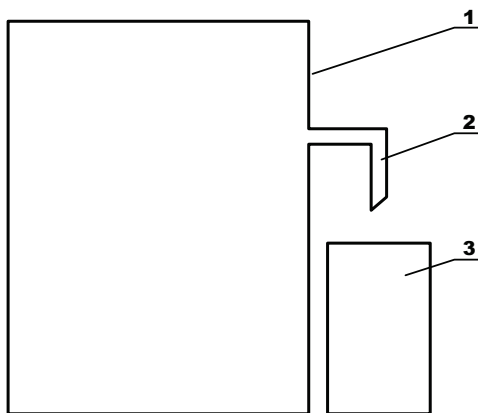


Рис. 3. Упрощенный объемомер:

1 — сосуд; 2 — трубка; 3 — емкость для сбора воды

Перед измерением объемомер наполняют водой комнатной температуры выше сливной трубки. Вода выше уровня вытечет через сливную трубку и после прекращения падения капле установится на нулевом уровне. После этого под сливную трубку ставят предварительно взвешенную емкость (стакан или мензурку). Образец на тонкой подвеске погружают в объемомер, при этом вода, вытесняемая образцом, будет вытекать по сливной трубке в стакан. В случае, если масса одного зерна меньше 300 г, определение объема можно выполнить при погружении нескольких зерен заполнителя. После прекращения падения капле при использовании мензурки определяют объем, а при применении стакана его взвешивают и определяют объем воды по формуле:

$$V = (m_2 - m_1) / \rho_v, \quad (2)$$

где m_1 — масса сухого стакана, кг;

m_2 — масса стакана с водой, кг;

ρ_v — плотность воды, кг/м³.

При определении **средней плотности** мелкого заполнителя также зачастую используют метод мензурки. Для этого в мензурку емкостью 500 мл наливают 250 мл воды (V_1), затем засыпают приблизительно 250 г песка через стеклянную или бумажную воронку и определяют уровень воды, увеличившийся за счет вытесненного песком объема (V_2). Аналогично можно использовать мензурки меньшей емкости, однако это снижает точность измерения. В данном случае объем материала будет равен:

$$V = V_2 - V_1. \quad (3)$$

Среднюю плотность материала рассчитывают по формуле:

$$\rho_{cp} = m / V, \quad (4)$$

где m — масса сухого образца, кг;

V — объем материала, равный объему вытесненной воды, м³.

3. Истинная плотность — это масса единицы объема материала в абсолютно плотном состоянии (без пор и пустот при их наличии). Разница между средней и истинной плотностями показывает, имеются ли поры в зерне заполнителя. Определяют данный параметр для крупного и мелкого заполнителей.

Для этого используют пикнометр — плоскодонную стеклянную колбу с узким и длинным горлышком, на котором нанесена риска (черта), указывающая с высокой точностью до $0,01 \text{ см}^3$ его рабочий объем, записанный на стенке сосуда (рис. 4).

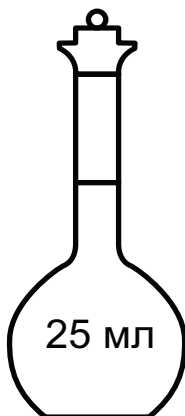


Рис. 4. Пикнометр

При проведении эксперимента взвешивают с точностью до $0,01 \text{ г}$ высушенный пикнометр (m_1). Затем его заполняют на одну треть измельченным материалом фракции менее 1 мм , обтирают сухой чистой тканью для удаления возможного просыпанного снаружи на стенку колбы материала и снова взвешивают (m_2). После этого пикнометр до половины объема заполняют дистиллированной водой и для удаления

из пор материала воздуха вакуумируют или кипятят в течение 15–20 минут. После этого пикнометр охлаждают до комнатной температуры, доливают до риски дистиллированную воду и взвешивают (m_3). Затем пикнометр освобождают от содержимого, промывают, снова наполняют дистиллированной водой до риски и взвешивают (m_4).

Истинную плотность материала рассчитывают по формуле:

$$\rho_{\text{и}} = \frac{(m_2 - m_1) \cdot \rho_{\text{ж}}}{(m_4 - m_3) - (m_3 - m_2)}, \quad (5)$$

где m_1 — масса пустого сухого пикнометра, кг;

m_2 — масса пикнометра с навеской материала, кг;

m_3 — масса пикнометра, заполненного водой и навеской материала, кг;

m_4 — масса пикнометра, заполненного только водой, кг;

$\rho_{\text{ж}}$ — плотность жидкости (в большинстве случаев воды), кг/м³.

4. Межзерновая пустотность (или просто пустотность) — это степень заполнения единицы объема свободно насыпанного сыпучего материала пустотами. При получении более плотной упаковки заполнителей (минимальной пустотности) снижает необходимый расход вяжущего материала.

Пустотность щебня, гравия или песка в большинстве случаев определяют расчетным методом на основе предварительно установленных значений насыпной и средней плотности по формуле:

$$П_{\text{мз}} = \left(1 - \frac{\rho_{\text{нас}}}{\rho_{\text{ср}}}\right) \cdot 100 \%, \quad (6)$$

где $\rho_{\text{нас}}$ — насыпная плотность материала, кг/м³;

$\rho_{\text{ср}}$ — средняя плотность материала, кг/м³.

Высококачественные заполнители имеют межзерновую пустотность 30–38 %, пониженного качества — более 40 %.

5. Пористость — это степень заполнения объема материала порами, пустотами, газовоздушными включениями. Наличие пор в заполнителе изменяет его строительно-технические характеристики: снижает прочность и повышает теплоэффективность.

Пористость заполнителей, так же как и пустотность, в большинстве случаев определяют расчетным методом, на основе предварительно установленных значений истинной и средней плотности по формуле:

$$P_{\text{мз}} = \left(1 - \frac{\rho_{\text{ср}}}{\rho_{\text{и}}}\right) \cdot 100 \%, \quad (7)$$

где $\rho_{\text{ср}}$ — средняя плотность материала, кг/м^3 ;

$\rho_{\text{и}}$ — истинная плотность материала, кг/м^3 .

6. Зерновой состав заполнителя характеризуют по содержанию частиц материала стандартных фракций, что связано с невозможностью получить весь объем партии заполнителя с одинаковыми размерами зерен или определить размер каждой частицы.

Фракция — это часть сыпучего материала (например, песка), выделенная по размеру зерен с помощью ситового анализа.

При ситовом анализе находят методом отсева на наборе сит со стандартным размером ячеек частные и полные остатки, определяют наибольший и наименьший размер зерна для щебня, а для песка модуль крупности. При отсеивании сита устанавливают друг под другом по мере убывания размера сетки (см. рис. 5). Стандартные размеры ячеек сит следующие: 70, 40, 20, 10 и 5,0 — для крупного заполнителя [5]; 5,0, 2,5, 1,25, 0,63, 0,315 и 0,16 мм — для мелкого заполнителя [6]. После просеивания материала через весь набор сит заполнитель взвешивают на каждом из них и рассчитывают частные и полные остатки [10].

Частный остаток (a_i) — это отношение массы остатка материала на данном сите (m_i) к общей массе просеянной пробы (M) в процентах:

$$a_i = (m_i / M) \cdot 100 \%. \quad (8)$$

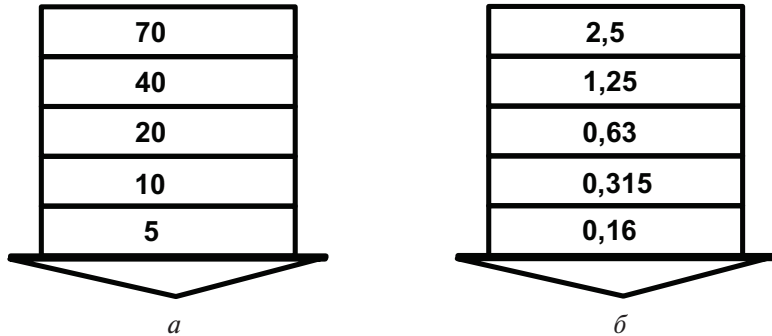


Рис. 5. Порядок установки набора сит для определения фракционного состава крупного — *a* и мелкого — *б* заполнителей

Полный остаток (A_i) — это сумма частных остатков на данном сите и на всех ситах с большим размером отверстий. Рассчитывают его по формуле в процентах [5]:

$$A_i = \sum a_i. \quad (9)$$

Например, для щебня полный остаток на сите 20 мм можно определить по формуле: $A_{20} = a_{20} + a_{40} + a_{70}, \%$.

Величина полных остатков на ситах возрастает по мере убывания размера отверстий сетки, т. е. величина полного остатка самая малая на сите с максимальным размером отверстий и самая большая — с минимальным размером.

Минимальную массу пробы для проведения ситового анализа принимают с учетом вероятностного фактора, исходя из максимальной крупности частиц заполнителя (табл. 2).

Таблица 2

Минимальная масса пробы в зависимости от вида материала

Материал	Песок	Щебень (гравий)			
Наибольшая крупность заполнителя, мм	5	10	20	40	более 40
Минимальная масса пробы, кг	2 (1)	5	10	20	30

Предварительно перед рассевом мелкого заполнителя берут 2 кг сухого песка, просеивают через два сита с отверстиями 5 и 10 мм. Остатки на ситах взвешивают и определяют содержание в песке двух фракций крупного заполнителя: с размером зерен 5–10 мм и более 10 мм по формуле (8). Песок, прошедший через сито с отверстиями 5 мм в количестве 1000 г, просеивают через комплект сит (см. рис. 5, б). По результатам определения фракционного состава песка рассчитывают его модуль крупности [6]:

$$M_{кр} = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16}}{100}, \quad (10)$$

где $A_{2,5}$, $A_{1,25}$, $A_{0,63}$, $A_{0,315}$, $A_{0,16}$ — полные остатки на ситах № 2,5; 1,25; 0,63; 0,315 и 0,16 соответственно, %.

По таблице 1 ГОСТ 8736–2014 «Песок для строительных работ. Технические условия» по модулю крупности определяют группу песка (см. прил. 1). Для определения пригодности песка для изготовления бетонной смеси пользуются графическим методом: на график допускаемого зернового состава наносят кривую полных остатков и сравнивают. Мелкие и очень мелкие пески в бетонах не применяют из-за высокого содержания пыли и глины, увеличивающих расход вяжущего вещества.

Для крупного заполнителя определяют **наибольший размер зерен** ($D_{наиб}$), который принимают по диаметру отверстий сита с полным остатком более 5%. Соответственно, наименьший размер зерна ($D_{наим}$) — по ситы с полным остатком более 95%. При просеивании толщина слоя материала на любом из сит не должна превышать $D_{наиб}$. **Средний размер зерен** рассчитывают по формуле:

$$D_{ср} = 0,5 (D_{наиб} + D_{наим}). \quad (11)$$

Пригодность крупного заполнителя по зерновому составу определяют путем сравнения содержания наибольшей

и наименьшей фракции с нормируемыми ГОСТ величинами (см. прил. 2).

7. Требования по форме зерен заполнителя в соответствии с нормативными документами предъявляют только к крупным заполнителям и оценивают по содержанию пластинчатых и игловатых зерен (см. прил. 2).

Пластинчатые (лещадные) зерна имеют толщину в три и менее раза меньше ширины и длины.

Игловатые зерна имеют длину, в три и более раза превышающую толщину и ширину. Количество в заполнителе указанных форм зерен ограничивается, т. к. при большом их содержании нарушается функциональная связь пустотности и зернового состава и под этими зернами в бетонных смесях скапливается вода и, следовательно, создаются ослабленные зоны после затвердевания бетона.

Для эксперимента отбирают пробу определенной массы в зависимости от максимальной крупности заполнителя (табл. 3) [5]. Полученную пробу материала разбирают вручную — отбирают лещадные и игловатые зерна. В сомнительных случаях используют передвижной шаблон (см. рис. 6) [5]: зерно наибольшего размера вкладывают между губками шаблона, фиксируют размер на шаблоне винтом и определяют размер зерна. Затем на шаблоне устанавливают в 3 раза меньшее расстояние, также фиксируют и пытаются пропустить зерно заполнителя. Если зерно пройдет, то его относят к пластинчатым (игловатым).

Таблица 3

Минимальная масса пробы в зависимости от крупности материала

Показатель	Значение			
Наибольшая крупность заполнителя, мм	10	20	40	более 40
Минимальная масса пробы, кг	0,25	1	5	10

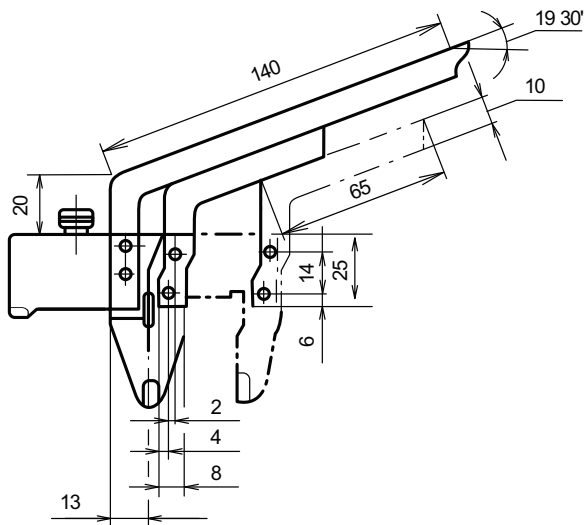


Рис. 6. Передвижной шаблон

В случае, если щебень представляет собой смесь фракций, содержание данных зерен определяют отдельно по каждой фракции. Содержание в каждой фракции щебня или гравия пластинчатых и иголоватых зерен вычисляют с точностью до 1 % по формуле:

$$\Pi_{\text{пл}} = (m_1 / m) \cdot 100 \%, \quad (12)$$

где m_1 — масса пластинчатых и иголоватых зерен во фракции, кг;
 m — масса фракции, кг.

Содержание пластинчатых и иголоватых зерен в смеси фракций определяют по средневзвешенному значению (X) в соответствии с содержанием фракций в смеси по формуле:

$$X = \frac{x_1 a_1 + x_2 a_2 + \dots + x_i a_i}{a_1 + a_2 + \dots + a_i}, \quad (13)$$

где x_1, x_2, \dots, x_i — содержание пластинчатых и иголоватых зерен в конкретной фракции, %;

a_1, a_2, \dots, a_i — содержание конкретной фракции в смеси, %.

По содержанию пластинчатых и иголоватых зерен определяют группу щебня: кубовидная, улучшенная или обычная (см. прил. 2).

8. Прочность крупного заполнителя, т. е. способность противостоять разрушению при раздавливании, характеризуют маркой по **дробимости**. Испытание проводят на определенной фракции, а дробимость смеси фракций рассчитывают по формуле (13). Испытание проводят с помощью стального цилиндра со съёмным дном и плунжером (рис. 7). Внутренний диаметр цилиндра 150 мм или 70 мм (для испытания фракций 5–10 и 10–20 мм) соответственно [5].

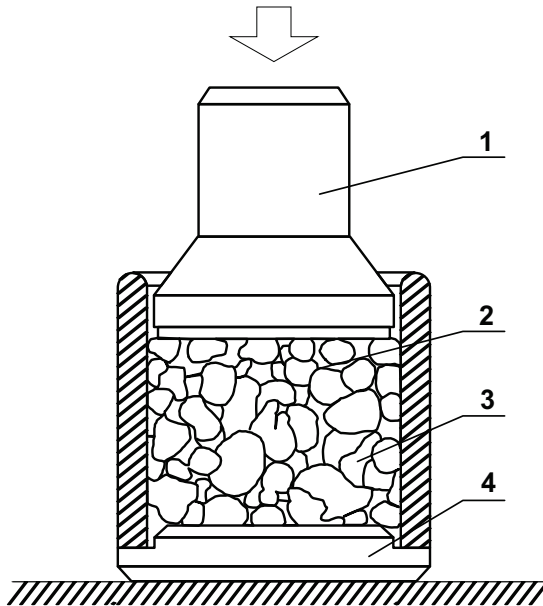


Рис. 7. Цилиндр для определения дробимости:

1 — плунжер; 2 — цилиндр; 3 — щебень или гравий; 4 — съёмное дно

При испытании цилиндр вместе со съёмным дном устанавливают на нижнюю плиту пресса, загружают в него щебень или гравий так, чтобы верхний край плунжера был на уровне верхнего края цилиндра. При необходимости убирают или добавляют в цилиндр несколько зерен материала. После этого цилиндр, наполненный материалом, с дном и плунжером закрепляют в прессе; постепенно увеличивая давление на 1–2 кН/с, доводят его до 50 кН (цилиндр диаметром 70 мм) или до 200 кН (цилиндр диаметром 150 мм). Под действием давления заполнитель измельчается.

После достижения требуемого давления пресс отключают, цилиндр достают, а затем высыпают щебень, взвешивают и просеивают через контрольное сито (табл. 4) в зависимости от исходной максимальной крупности зерен для определения остатка на сите по формуле:

$$D_p = ((m - m_1)/m) \cdot 100 \%, \quad (14)$$

где m — общая масса материала в цилиндре, кг;

m_1 — масса остатка на контрольном сите после просеивания раздробленной при испытании пробы, кг.

Таблица 4

Размер контрольного сита при испытании на дробимость

Показатель	Значение		
Наибольшая крупность заполнителя, мм	10	20	40
Размер отверстий сита, мм	1,25	2,5	5,0

По таблицам 3, 4 и 5 ГОСТ 8267–93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия» по результатам испытания определяют марку по дробимости (см. прил. 2).

9. Для заполнителей вредными примесями являются пылевидные, глинистые и илистые частицы, которые повышают водопотребность бетонной смеси и, в конечном итоге, существенно

снижают прочность бетона. Поэтому содержание этих примесей размером менее 0,05 мм ограничивают нормативными документами для крупного и мелкого заполнителей, однако на практике в большинстве случаев их определяют только для песка.

Определение содержания пылевидных, глинистых и илистых частиц проводят на пробе сухого песка массой 1000 г (m_1), просеянной через сито с отверстиями диаметром 5 мм [5]. Пробу помещают в сосуд для отмучивания (рис. 8) и заливают водой так, чтобы слой над песком составил примерно 200 мм.

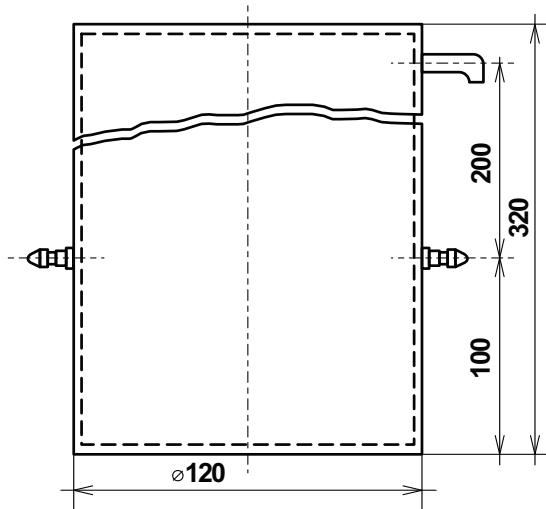


Рис. 8. Сосуд для отмучивания

В таком состоянии песок для размокания и набухания глинистых частиц выдерживают два часа, периодически перемешивая. После этого содержимое сосуда энергично перемешивают и оставляют в покое на две минуты, затем сливают мутную воду, оставляя слой воды над песком высотой около 30 мм для

исключения потерь песка при сливании. Затем повторно заливают и перемешивают песок, пока вода после промывки не будет оставаться прозрачной. Промытый чистый песок извлекают из цилиндра, высушивают и взвешивают.

Содержание в песке отмучиваемых пылевидных, глинистых и илистых частиц рассчитывают по формуле:

$$\text{ПЧ} = ((m_1 - m_2)/m_1) \cdot 100 \%, \quad (15)$$

где m_1 — масса пробы песка до отмучивания, кг;

m_2 — масса высушенной пробы песка после отмучивания, кг.

3. Воздушные вяжущие вещества

К воздушным вяжущим относятся материалы различной природы, общими характеристиками которых являются: порошкообразное состояние, способность из пластичного теста через ряд физико-химических процессов переходить в камневидное состояние, т. е. затвердевать в воздушно-сухих условиях (воздушная известь, гипсовые и магнезиальные вяжущие, жидкое стекло).

Воздушной известью называют продукт высокотемпературного обжига кальциевых или кальциево-магниевых карбонатных горных пород (различных видов известняков, мела, доломита, мрамора), который состоит, в основном, из оксида кальция. Обжиг извести проводят при температуре до 1300 °С в шахтных или вращающихся печах. К сырью для изготовления воздушной извести предъявляют требования по химическому составу. Преобладающим компонентом горных пород должен быть карбонат кальция, что характерно для осадочных пород. Характерными примесями в карбонатных породах являются механические примеси глины, песка, а также карбонаты магния. По содержанию оксида магния воздушную известь подразделяют на несколько видов: кальциевая содержит оксида магния не более 5 %, в магнезиальной содержание MgO не превышает 20 %; в доломитовой — 40 %.

На производстве в процессе обжига карбонатных пород преимущественно происходит процесс декарбонизации, т.е. разложение карбонатов на оксид кальция (или магния) и диоксид углерода CO_2 , который в газообразном виде выделяется в окружающую среду. Температура реакции диссоциации карбонатов кальция и магния различается. При более низких температурах 650–750 °С начинается термическое разложение карбоната магния с поглощением тепла $\Delta H = 101,74$ кДж/моль по уравнению:



Реакция разложения карбонатов кальция начинается при более высокой температуре около 1000 °С и полностью завершается при 1300 °С с поглощением большего количества тепла $\Delta H = 177,90$ кДж/моль и образованием оксидов по уравнению:



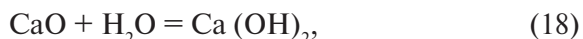
В результате обжига из печей выходит готовый продукт в кусковом (комовом) виде, который представляет собой пористый материал, состоящий из мелких кристаллов (от 0,5 до 2 мкм) оксида кальция с примесями оксида магния. Макроструктурное строение комовой извести предопределяет ее высокую реакционную способность при взаимодействии с водой. Существует два способа переработки крупнозернистого продукта в порошкообразное вяжущее: при механическом способе производят тонкий размол в шаровых мельницах с получением молотой негашеной извести, а в случае воздействия на продукт воды в процессе гидратации образуется несколько видов гидратной (гашеной) извести.

Негашеная комовая известь является смесью кусков различной величины, получаемой грубым дроблением продукта обжига. В химическом составе преобладает CaO , а также MgO . В качестве примесей возможно присутствие карбоната кальция, не прошедшего декарбонизацию, различные соединения

кальция и магния (силикаты, алюминаты и ферриты), получаемые при взаимодействии компонентов глины, кварцевого песка с оксидами кальция и магния.

Негашеная молотая известь по химическому составу соответствует комовой извести и представляет собой продукт тонкого измельчения комовой извести [9]. Помол необходимо проводить в сухих условиях для предотвращения возможности частичного или полного гашения извести. Таким образом, негашеная комовая известь отличается от молотой только гранулометрическим составом.

Гашение извести — это технологический процесс гидратации негашеной извести (зачастую комовой) с целью получения других видов воздушной строительной извести, состоящих из тонкодисперсного гидроксида кальция. При гашении вода активно впитывается кусками комовой извести, распределяясь в порах, и одновременно активно начинается химическое взаимодействие с оксидами кальция и примесями магния с образованием соответствующих гидроксидов. В процессе этих реакций происходит самопроизвольный распад комков на тонкодисперсные частицы. При гидратации извести выделяется большое количество тепла $\Delta H = -66,90$ кДж/моль и протекают следующие химические реакции:



Данный процесс необходимо контролировать, т. к. количества выделяющегося тепла достаточно для кипения воды или возгорания древесины и материалов из нее. Случайное начало реакции, например, при образовании протечек атмосферных осадков в местах хранения негашеной извести, может привести к пожару в сооружениях хранилища.

В зависимости от объема воды, участвующей в гашении, получают порошкообразную известь-пушонку, известковое тесто

или молоко. Для химической реакции гидратации извести количество воды, необходимое для полного протекания процесса, составляет 30 % от количества оксида кальция. На практике воды требуется в 2–3 раза больше (до 80 %), потому что параллельно протекает процесс ее испарения с поверхности комка извести за счет большого выделения тепла при химической реакции.

Гидратная известь (пушонка) — это высокодисперсный сухой порошок, состоящий преимущественно из $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Ее изготавливают при гашении негашеной комовой или молотой извести путем добавления небольшого количества воды, обеспечивающего только переход оксидов кальция и магния в их гидроксиды с увеличением объема от первоначального в 2–3 раза.

Известковое тесто — это продукт контролируемой гидратации комовой извести, состоящий преимущественно из $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и представляющий собой дисперсию данного гидроксида в воде. Выдержанное известковое тесто получают в виде пастообразной концентрированной смеси с плотностью примерно 1400 кг/м^3 , содержащей суммарно около 50–55 % гидроксидов кальция и магния, а также 45–50 % воды.

Важным показателем качества воздушной строительной извести является выход теста, который определяют объемом (в литрах) известкового теста, получаемого при гашении одного килограмма комовой извести. Высококачественные сорта извести (их называют жирными) быстро гасятся с большим выделением тепла с получением более пластичного теста и имеют выход теста 2,5–3,5 л. У низких сортов извести (тощая известь) процесс гидратации происходит медленно с образованием менее пластичного теста с наличием отдельных зерен оксида кальция, не распавшихся при гашении.

Известковое молоко имеет вид жидкости белого цвета и представляет собой суспензию плотностью менее 1300 кг/м^3 ,

в которой гидроксид кальция находится частично в растворенном и, в основном, во взвешенном состоянии. Получают его в результате разбавления известкового теста водой.

Твердение извести происходит за счет двух параллельных процессов: кристаллизации и карбонизации. Сначала происходит более быстрый процесс кристаллизации из коллоидного раствора гидроксида кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$ с одновременным испарением излишков воды. Карбонизация заключается в присоединении к гидроксиду кальция диоксида углерода с поглощением углекислого газа из воздуха, с образованием в результате карбоната кальция по реакции, обратной реакции разложения (17).

Строительную известь применяют уже несколько тысячелетий: изготавливают вяжущие материалы, строительные растворы и бетоны на их основе, а также другие искусственные каменные материалы.

Технические требования, предъявляемые ко всем видам строительной воздушной извести, изложены в нормативном документе ГОСТ 9179–77 «Известь строительная. Технические условия».

Известь по качеству разделяют на 3 сорта (см. прил. 3), основными показателями которых являются:

- содержание быстро вступающих в реакции активных оксидов кальция и магния;
- содержание непогасившихся зерен в негашеной извести;
- температура и время гашения негашеной извести;
- степень дисперсности гидратной извести.

Конечному потребителю известь, как и другие строительные материалы, поставляют партиями. Размер партии в соответствии с ГОСТ 9179–77 устанавливают в зависимости от годовой мощности предприятия-изготовителя. При оценке качества извести аналитическими методами отбирают пробы для проведения испытаний в строительной лаборатории для

оценки соответствия требованиям действующих нормативов по методикам, указанным в ГОСТ 22688–77 «Известь строительная. Методы испытаний». В учебной лаборатории проба исследуемой извести для испытаний должна подготавливаться заранее. Методология определения ее качественных характеристик приведена ниже.

1. Для **определения суммарного содержания активных СаО и MgO** пробу извести измельчают в сухой фарфоровой ступке, просеивают через сито с сеткой № 008, а из прошедшего сквозь сито остатка отбирают 1 г и дальнейшую работу выполняют с этим материалом [7]. Навеску помещают в коническую колбу емкостью 250 мл, наливают не менее 150 мл дистиллированной воды и добавляют 3–5 стеклянных бус для ускорения максимального растворения порошкообразной извести в воде. Колбу закрывают стеклянной воронкой и нагревают в течение нескольких минут, не доводя до кипения. Затем ее аккуратно снимают с плитки и охлаждают на воздухе. После остывания колбы смывают ее внутренние стенки и стеклянную воронку дистиллированной водой, а затем в полученный раствор вводят индикатор (2–3 капли 1 %-ного спиртового раствора фенолфталеина), что приводит к ярко малиновому окрашиванию содержимого. На следующем этапе раствор титруют (проводят реакцию нейтрализации щелочи кислотой) при постоянном взбалтывании колбы: из бюретки по каплям добавляют 1 н раствор соляной кислоты до полного обесцвечивания содержимого. После этого колбу оставляют в покое на 8 минут, потом содержимое аккуратно перемешивают взбалтыванием и оценивают цвет. Если раствор остается бесцветным, то титрование считают законченным и записывают количество кислоты, пошедшее на реакцию нейтрализации в мл. В противном случае, если цвет раствора приобрел малиновый оттенок, то дополнительно добавляют несколько капель кислоты до повторного обесцвечивания и снова повторяют описанные операции.

В **негашеной** комовой или молотой извести содержание $\text{CaO}+\text{MgO}$ (A) рассчитывают по формуле:

$$A = (V \cdot 2,804)/G, \%, \quad (20)$$

где V — объем раствора соляной кислоты, использованный при титровании, мл;

2,804 — титр 1 н раствора соляной кислоты по оксиду кальция, т. е. количество оксида кальция, вступающего в реакцию с 1 мл раствора соляной кислоты, умноженное на 100;

G — масса пробы извести, г.

В **гидратной** извести содержание $\text{CaO}+\text{MgO}$ (A_1) рассчитывают по формуле:

$$A_1 = \frac{V \cdot 2,804}{G \cdot (100 - W)}, \%, \quad (21)$$

где V — объем раствора соляной кислоты, использованный при титровании, мл;

2,804 — титр 1 н раствора соляной кислоты по оксиду кальция, т. е. количество оксида кальция, вступающего в реакцию с 1 мл раствора соляной кислоты, умноженное на 100;

G — масса пробы извести, г;

W — влажность гидратной извести, %.

2. Содержание непогасившихся зерен в негашеной извести определяют на пробе извести массой 0,2 кг [7]. Для этого наливают нагретую до температуры 85–90 °С воду в количестве 1,0–1,5 л в металлический сосуд емкостью 2–3 л. Аккуратно и быстро, во избежание травматизма, засыпают в воду подготовленную пробу извести. После этого перемешивают содержимое до окончания интенсивного гашения (выделения пара и пузырьков). Сосуд неплотно закрывают крышкой и оставляют в покое на два часа. Затем содержимое сосуда разбавляют холодной водой, охлаждая и доводя до консистенции известкового молока. Полученную жидкость процеживают через

сито с сеткой № 063 тонкой непрерывной струей. Оставшиеся на сите мягкие кусочки извести слегка растирают стеклянной палочкой с резиновым наконечником и промывают водой. Остаток на сите в виде твердых комков переносят на поднос и высушивают при температуре 140–150 °С до постоянной массы.

Содержание непогасившихся зерен (НЗ) в негашеной извести рассчитывают по формуле:

$$\text{НЗ} = (m/M) \cdot 100 \%, \quad (22)$$

где m — масса высушенного остатка на сите, кг;

M — исходная масса пробы негашеной извести, кг.

3. Время и температура гашения извести (негашеной комовой или молотой) определяются в сосуде Дьюара (рис. 9) [7].

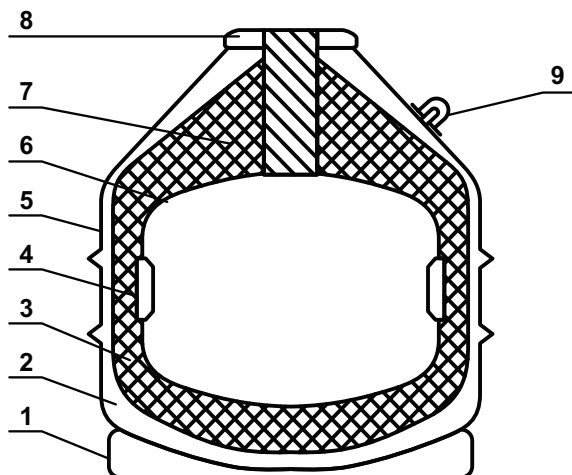


Рис. 9. Схема сосуда Дьюара:

- 1 — подставка; 2 — вакуумированная полость; 3 — теплоизоляция;
4 — адсорбент; 5 — наружный сосуд; 6 — внутренний сосуд; 7 — горловина;
8 — крышка; 9 — трубка для вакуумирования

В учебной лаборатории разрешается использовать упрощенный термостат (рис. 10) [10]. Испытание проводят на пробе измельченной извести, массу которой рассчитывают, исходя из содержания активных оксидов кальция и магния в материале, по формуле:

$$m = 1000/A, \quad (23)$$

где A — содержание активных оксидов кальция и магния в извести, %.

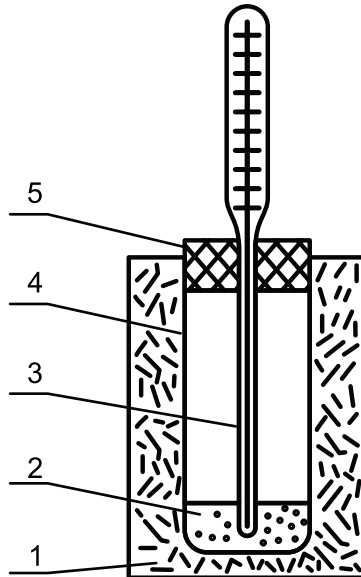


Рис. 10. Схема термостата:

1 — теплоизоляционный материал; 2 — реакционная смесь; 3 — термометр;
4 — внутренняя емкость; 5 — пробка

Взвешенную пробу извести помещают во внутреннюю емкость термостата, добавляют 25 мл дистиллированной воды

с температурой 20 °С и быстро закрывают термостат пробкой с установленным в нее термометром. При этом конец термометра должен оказаться погруженным в реагирующую смесь. Сосуд на протяжении всего эксперимента периодически взбалтывают. Через равные промежутки времени (30–60 секунд) определяют с помощью термометра температуру реагирующей смеси и записывают в журнал наблюдения. Эксперимент останавливают после начала снижения температуры. За температуру гашения извести принимают максимальную зафиксированную температуру, а время гашения определяют временем, прошедшим от момента добавления воды до начала снижения температуры (до максимального ее значения).

По времени гашения негашеную известь подразделяют на три вида: быстрогасящуюся, время гашения которой не превышает 8 минут, медленногасящуюся — более 25 минут, среднегасящуюся — характеризуется промежуточными значениями. Низкоэкзотермичной считают известь с температурой гашения ниже 70 °С, высокоэкзотермичной — выше 70 °С.

Гипсовые вяжущие материалы — это, в большинстве своем, воздушные вяжущие с преобладанием в составе сульфата кальция, для производства которых в качестве сырья используют природный двуводный гипс и ангидрит. Отходы промышленности минеральных удобрений, называемые фосфогипсом и борогипсом, также могут выступать сырьем для изготовления гипсовых вяжущих веществ [9]. В зависимости от вида сырья и условий тепловой обработки получают различные виды гипсовых вяжущих веществ. В процессе изготовления продукт, получаемый в результате термообработки, измельчают до порошкообразного состояния.

Природный двуводный гипс — это минерал, состоящий из крупных или мелких кристаллов двуводного сульфата кальция ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), слагающий горные породы осадочного происхождения. Плотные образования называют гип-

совым камнем, встречается прозрачный кристаллический гипс, гипсовый шпат, тонковолокнистый и зернистый гипс. Наиболее чистую разновидность зернистого гипса называют алебастром.

Природный ангидрит — это горная порода осадочного происхождения, состоящая из безводного сульфата кальция CaSO_4 , который под действием грунтовых вод медленно гидратируется и частично переходит в двуводный гипс. Поэтому в природе месторождения ангидрита обычно содержат 5–10 % примесей двуводного гипса [9].

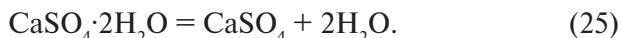
Строительный (полуводный гипс) имеет структурную формулу $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ — это воздушное вяжущее вещество, быстро твердеющее на воздухе и размягчающееся в водной среде. В промышленных условиях его получают в печах или варочных котлах путем тепловой обработки природного двуводного гипса (или других сырьевых материалов природного или техногенного происхождения) при температуре 120–180 °С. При этом часть химически связанной воды выделяется в незамкнутое пространство и удаляется в виде пара в результате дегидратации двуводного гипса с образованием полуводного сульфата кальция по уравнению:



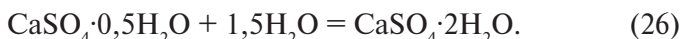
В зависимости от технологии изготовления получают две модификации строительного полуводного гипса: α -полугидрат с гладким рельефом поверхности кристаллов, обеспечивающей плотную упаковку, и β -полугидрат с очень рыхлой упаковкой и шероховатым рельефом поверхности частиц, обуславливающими его более высокую водопотребность [9].

Ангидритовое вяжущее, преимущественно, состоит из нерастворимого безводного сульфата кальция (CaSO_4), получаемого из природного ангидрита без какой-либо температурной обработки или обжигом гипсового камня при более высокой

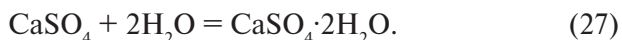
температуре (600–800 °С), при которой полностью завершается дегидратация двуводного гипса по уравнению:



При твердении строительного полуводного гипса происходит обратная реакция — присоединение воды (гидратация) с образованием двуводного сульфата кальция по уравнению:



Твердение ангидритового вяжущего происходит медленнее, чем у полуводного гипса, что объясняется другим исходным сырьем и более низкой реакционной способностью взаимодействия с водой по уравнению:



Гипсовые вяжущие материалы в области строительства применяют: в качестве основы при изготовлении отделочных и декоративных интерьерных растворов, при производстве перегородочных блоков, гипсокартонных и гипсоволокнистых листов, строительных деталей и декоративных элементов.

Произведенные в Российской Федерации гипсовые вяжущие должны соответствовать требованиям ГОСТ 125–79 «Вяжущие гипсовые. Технические условия», в соответствии с которым по прочности на сжатие их разделяют на марки. Основными качественными показателями этого вида вяжущих являются:

- тонкость помола, определяемая ситовым методом;
- нормальная густота — количество воды, необходимое для получения теста стандартной консистенции;
- сроки начала и конца схватывания, характеризующие скорость протекания физико-химических процессов твердения;
- прочность при изгибе и сжатии.

Максимальный объем партии гипса установлен в количестве 60 т, отгрузки менее 60 т считают целой партией.

Для оценки качества гипсового вяжущего от каждой партии отбирают пробы и проводят их испытания в строительных лабораториях в соответствии с требованиями ГОСТ 23789–79 «Вяжущие гипсовые. Методы испытаний». В учебной лаборатории пробой исследуемого строительного гипса можно условно считать отдельную упаковку вяжущего. Методология определения качественных характеристик приведена ниже.

1. **Тонкость помола гипса** — это отношение массы остатка гипса на сите с сеткой № 02 к массе всего просеиваемого материала [2]. Определяют его на пробе вяжущего массой 50 г, предварительно высушенного при температуре 50–55 °С в течение 1 часа в сушильном шкафу. Пробу просеивают через сухое сито с сеткой № 02 до тех пор, пока в течение 1 минуты сквозь сито проходит существенное количество материала (более 0,05 г). Контрольным просеиванием при снятом с сита доннышке над листом бумаги убеждаются в завершении просеивания.

Тонкость помола гипса (Т) рассчитывают по формуле:

$$T = (g/G) \cdot 100 \%, \quad (28)$$

где g — масса остатка гипса на сите с сеткой № 02, г;

G — масса первоначальной навески гипса, г.

2. **Определение нормальной густоты** гипсового теста, или водопотребности вяжущего для получения теста (смеси воды и вяжущего) определенной стандартной консистенции, заключается в установлении необходимого количества воды для затворения строительного гипса [2]. В дальнейшем этот показатель понадобится для последующих экспериментов.

Нормальную густоту гипсового теста определяют с помощью вискозиметра Суттарда (см. рис. 11), состоящего из медного или латунного цилиндра с внутренним диаметром 5 см и высотой 10 см, и пластинки листового стекла с наименьшим размером более 20 см. На стекле или на бумаге под ним нанесен ряд концентрических окружностей диаметром от 6 до 20 см. Шаг

между окружностями должен быть 1 см, а между 17 до 19 см дополнительные окружности через каждые 0,5 см.

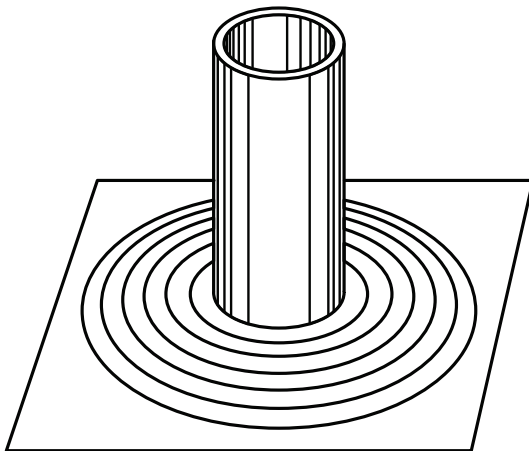


Рис. 11. Вискозиметр Суттарда

Перед испытанием цилиндр и стеклянную пластину увлажняют мягкой тканью. Цилиндр устанавливают в центр concentрических окружностей на стеклянную пластину строго горизонтально. Для определения нормальной густоты изготавливают гипсовое тесто из смеси 300 г гипса и воды. При этом для исключения образования комков в течение 30 с при постоянном быстром перемешивании гипс добавляют постепенно к воде до получения однородной консистенции. Затем, сделав два резких перемешивания, быстро выливают массу в цилиндр и ножом сравнивают поверхность гипса с краями цилиндра. Через 45 с, считая от начала засыпания гипсового вяжущего в воду, или через 15 с после окончания перемешивания, цилиндр очень быстро поднимают вертикально на высоту 15–20 см, встряхивают и отводят в сторону. При этом тесто расплывается в виде лепешки. Диаметр расплыва измеряют

линейкой в двух перпендикулярных направлениях с погрешностью не более 5 мм и вычисляют среднее арифметическое значение.

Густоту теста считают нормальной, если диаметр лепешки составляет $18 \pm 0,5$ см. Если диаметр лепешки не соответствует требованиям, то эксперимент повторяют: если ее диаметр менее 17,5 см, то увеличивают количество воды затворения; если более 18,5 см — уменьшают. Нормальную густоту (НГ) рассчитывают по формуле:

$$\text{НГ} = (B/G) \cdot 100 \%, \quad (29)$$

где B — масса воды затворения, г;

G — масса навески гипса, г.

3. Сроки схватывания гипсового теста определяют с помощью пластиметра Вика, имеющего стандартную массу подвижной части вместе с иглой 300 ± 2 г (см. рис. 12) [2].

Перед началом эксперимента проверяют свободное опускание стержня прибора, его нулевое показание на шкале при соприкосновении иглы с металлической пластинкой и, при необходимости, корректируют.

Для определения сроков схватывания смешивают 200 г гипса с количеством воды, необходимым для получения теста нормальной густоты. Процесс приготовления теста аналогичен предыдущему опыту. Приготовленное тесто наливают в кольцо пластиметра Вика, встряхивают и срезают ножом избыток для выравнивания поверхности. Кольцо помещают под иглу, опускают ее до соприкосновения с поверхностью теста в центре кольца. Через каждые 30 с иглу опускают в тесто каждый раз в новое место, а после каждого погружения иглу тщательно вытирают влажной тканью. Началом схватывания считают время от начала затворения гипсового теста (всыпания гипса в воду) до момента, когда игла начинает не доходить до дна на 0,5–1,0 мм. Время от начала затворения гипсового теста

до момента, когда игла опускается в тесто не более 0,5 мм, называют концом схватывания.

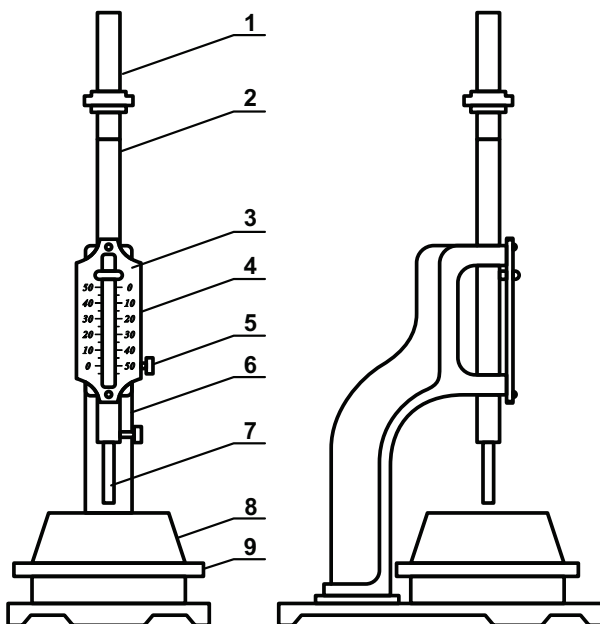


Рис. 12. Пластиметр Вика:

- 1 — пестик; 2 — стержень; 3 — указатель перемещения стержня; 4 — шкала;
5 — зажимной винт; 6 — станина; 7 — игла; 8 — коническое кольцо;
9 — пластина

4. Предел прочности гипсового камня при изгибе и сжатии определяют на образцах-балочках стандартного размера $4 \times 4 \times 16$ см, изготовленных из гипсового теста [2]. Для этого 1,2 кг гипсового вяжущего смешивают с количеством воды, необходимым для получения нормальной густоты, на лабораторной механизированной мешалке или вручную. Тесто немедленно после приготовления переливают в предварительно слегка смазанные маслом стандартные металлические формы (см. рис. 13). Все

ячейки формы заполняют одновременно, а после наполнения поверхность образцов сглаживают смоченным водой ножом.

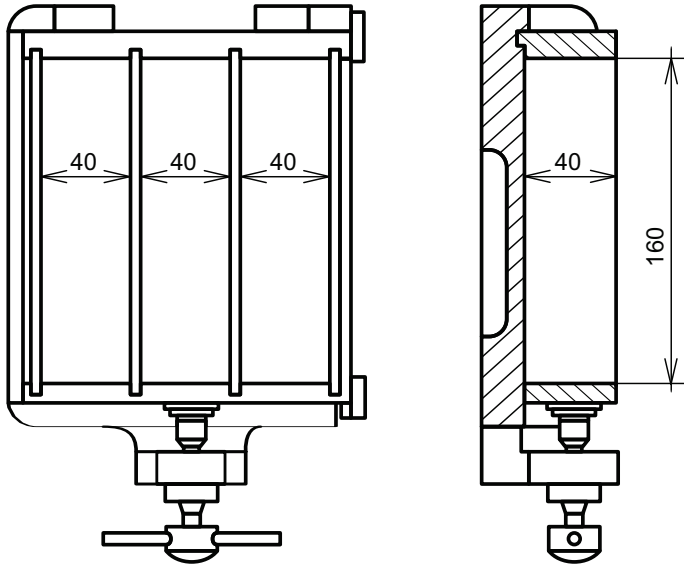


Рис. 13. Стандартные формы для изготовления образцов-балочек

Через 2 ч от начала затворения гипса образцы в количестве 3 шт. вынимают из формы и осматривают. Грани образцов, прилегающие при испытании к плитам пресса, должны быть параллельны и не иметь отклонения от плоскости более чем на 0,5 мм.

Для определения прочности на изгиб можно использовать любую испытательную машину с предельной нагрузкой до 10 кН, обеспечивающую возможность приложения нагрузки по стандартной схеме со средней скоростью нарастания нагрузки 50 ± 10 Н/с. Форма, размеры и взаимное расположение нагрузочного элемента и опор приведены на рис. 14.

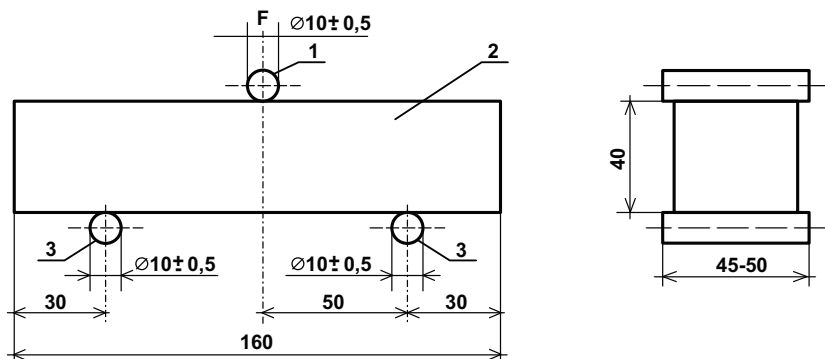


Рис. 14. Схема расположения образца-балочки при испытании на изгиб:

1 — верхняя опора; 2 — образец; 3 — нижние опоры

За предел прочности при изгибе партии гипсового вяжущего принимают среднее арифметическое значение двух наибольших результатов испытаний трех образцов. Предел прочности при изгибе одного образца рассчитывают по формуле:

$$R_{\text{изг}} = \frac{3Pl}{2bh^2}, \quad (30)$$

где P — разрушающая нагрузка, кН;

l — расстояние между осями опор, мм;

b — ширина образца, мм;

h — высота образца, мм.

Прочность на сжатие определяют на оставшихся после испытания на изгиб шести половинках балочек, расположенных между стальными пластинами (см. рис. 15).

Каждую половинку балочки помещают между двумя пластинками так, чтобы верхняя заглаживаемая при формировании грань оказывалась вертикальной, а на плоскостях пластинок

находились боковые грани и упоры пластинок плотно прилегли к торцевой гладкой стенке образца (рис. 16).

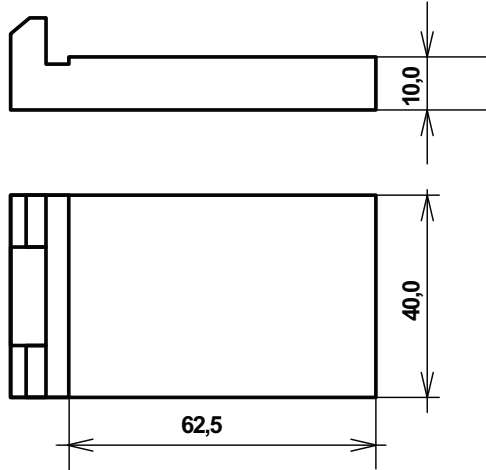


Рис. 15. Пластины для передачи нагрузки на половинки образцов-балочек

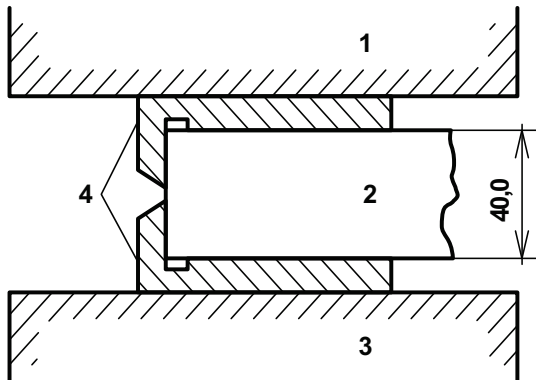


Рис. 16. Схема испытания половинок образцов-балочек на сжатие:

1 — верхняя плита пресса; 2 — половинка балочки; 3 — нижняя плита пресса; 4 — пластинки

За предел прочности при сжатии партии гипсового вяжущего принимают среднее арифметическое четырех результатов из шести измерений за исключением наибольшего и наименьшего значений. Предел прочности при изгибе одного образца рассчитывают по формуле:

$$R_{сж} = P/A, \quad (31)$$

где P — разрушающая нагрузка, кН;

A — площадь пластинок, $A = 2500 \text{ мм}^2$.

По результатам всех испытаний определяют марку гипсового вяжущего, включая марку по прочности, индексы сроков схватывания и тонкости помола (см. прил. 4).

4. Искусственные керамические каменные материалы

Искусственные керамические материалы и изделия получают путем высокотемпературной обработки при 900–1300 °С (обжига) отформованных и высушенных после этого глиняных изделий. В процессе обжига глиняная масса превращается в искусственный камень, обладающий хорошей прочностью, водостойкостью, морозостойкостью, что обеспечивает необходимую долговечность. Сырье для получения керамики — глина с вводимыми в нее необходимыми добавками различной природы, происхождения и назначения: для снижения усадки изделий при сушке и обжиге; уменьшения средней плотности за счет увеличения пористости, что повышает теплоэффективность материала. В качестве добавок часто используют природные и искусственные силикатные материалы (песок, измельченная керамика), минеральные промышленные отходы (шлаки, золы) и органические вещества (уголь, опилки).

По структуре все керамические строительные материалы вне зависимости от области применения подразделяют на пористые (повышенное водопоглощение и относительно низкая прочность, не превышающая 35 МПа) и плотные (пористость не более 1,5 %, а предел прочности при сжатии до 100 МПа).

Кирпичи — это искусственные каменные изделия, имеющие форму прямоугольного параллелепипеда. Они различаются по виду используемого сырья, способу формования и обжига.

Кирпич керамический обыкновенный получают из смеси глины с добавками или без них, из которой в процессе производства формуют изделия, а затем обжигают. При этом кирпич может быть выполнен сплошным (полнотелым) и с технологическими пустотами (пустотелым). Кирпич при возведении каменных конструкций укладывают рабочей гранью (постелью) на выравнивающий слой раствора (рис. 17).

Наиболее распространены два принципиально различных способа формования глиняного кирпича: пластический и полусухой.

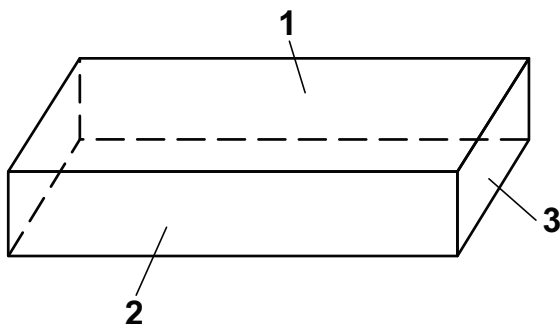


Рис. 17. Поверхности кирпича:

1 — постель; 2 — ложок; 3 — тычок

При пластическом способе в горизонтальном направлении методом непрерывной экструзии из ленточного пресса выдавливают глиняную массу, которую разрезают на отдельные кирпичи перпендикулярно направлению движения. При этом размеры кирпича определяются по постели поперечным сечением выдавливаемого бруса, а толщину будущего кирпича за-

дает шаг резательного устройства (туго натянутой проволоки). Признаком пластического способа формования кирпича является наличие двух шероховатых поверхностей разреза кирпича (постели), на которой песчинки, при разрезании цепляющиеся за проволоку, оставляют на поверхностях разреза царапины.

При полусухом способе производства кирпичи прессуют поштучно на прессах при давлении 15–20 МПа, поэтому все грани готового кирпича гладкие, а на постелях иногда можно заметить следы от болтов штампа, а иногда — штамп в виде товарного знака завода-изготовителя. По этим внешним приметам узнаются кирпичи полусухого прессования.

Способ формования может быть определен и по виду технологических пустот в кирпиче: сквозные пустоты получают при пластическом формовании, а несквозные пустоты — только прессованием.

Кирпич строительный легковесный изготавливают такими же способами из легких пористых пород: диатомитов, трепелов и глин с выгорающими в процессе обжига органическими добавками. Легковесный кирпич отличается от глиняного светлым цветом черепка (от светлосерого до желтого), меньшей средней плотностью (не более 1450 кг/м³), высоким водопоглощением (более 30 %). Способы формования и обжига легковесного кирпича такие же, как и кирпича глиняного обыкновенного.

Кирпич силикатный изготавливают из смеси извести и мелкого кремнеземистого компонента (чистого речного песка), методом прессования с последующим твердением в условиях автоклава в среде насыщенного пара при повышенных давлении и температуре. От глиняных силикатный кирпич внешне отличается гладкими поверхностями и светло-серым цветом.

Керамический и силикатный кирпич имеют разный химико-минералогический состав, что обуславливает их различные области применения и, соответственно, нормативные

документы, определяющие их качественные характеристики: ГОСТ 530–2012 «Кирпич и камень керамические. Общие технические условия» и ГОСТ 379–95 «Кирпич и камни силикатные. Технические условия». Поэтому перед испытаниями кирпича необходимо определить вид кирпича, способ формования, требования нормативных документов и методику проведения испытаний (см. прил. 5).

Качественными характеристиками керамического кирпича, определяющими его пригодность в качестве строительного материала, являются:

- средняя плотность и объем технологических пустот (при наличии);
- пористость керамического черепка, определяемая по водопоглощению;
- прочность на сжатие и изгиб, определяющие марку кирпича.

Изготовление и поставка кирпича потребителю осуществляется партиями, максимальный размер которой не должен превышать суточную производительность предприятия-изготовителя. При проверке качества изделий от партии отбирают вручную определенное нормативными документами количество штук. Испытания проводят в аккредитованной строительной лаборатории по методикам ГОСТ 7025–91 «Кирпич и камни керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения, плотности и контроля морозостойкости» и ГОСТ 8462–85 «Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе». В учебной лаборатории обычно испытания производят на минимальном количестве образцов.

1. Непосредственно после отбора партии кирпича необходимо проводить **визуальный осмотр**, при котором оценивают внешние дефекты кирпича: отбитости, притупленности, трещины, снижающие качество и долговечность кладки. При на-

личии указанных дефектов проводят измерение наибольшего зазора с точностью до 1 мм между гранью или ребром кирпича и ребром приложенной к нему металлической линейки или угольника, а измерение отбитости или притупленности ребер и углов определяется с точностью до 1 мм по наибольшей длине дефекта (рис. 18) [3].

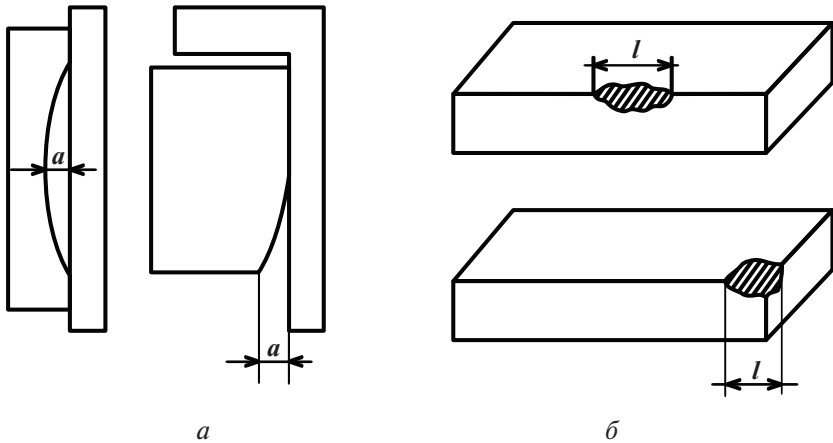


Рис. 18. Замер величин: *a* — измерение искривления граней; *б* — измерение отбитости ребер и углов

Номинальные геометрические размеры необходимо определять для обеспечения унификации (возможности замены за счет одинаковой формы и размеров изделий). Измерения проводят с точностью до 1 мм измерительной металлической линейкой не менее двух замеров на каждой грани кирпича и сравнивают с предельными отклонениями, допускаемыми нормативами.

При визуальном осмотре также необходимо оценивать количество трещин. Учитывают только самые опасные трещины, пересекающие ложки и выходящие на постели (трещина

a на рис. 19), а несквозные трещины или сквозные трещины на тычках не учитывают (трещины b и c на рис. 19). Размер сквозной трещины — это расстояние от ложка до наиболее удаленной точки трещины по постели с точностью до 1 мм (размер l у трещины a на рис. 19).

2. **Среднюю плотность** кирпича определяют не менее чем на трех образцах. Объем образцов рассчитывают по их геометрическим размерам, определенным с погрешностью ± 1 мм.



Рис. 19. Оценка трещин кирпича

За среднюю плотность партии кирпича принимают среднее арифметическое значение испытаний трех образцов. Среднюю плотность одного кирпича рассчитывают по формуле:

$$\rho_{\text{ср}} = m/(l b h), \quad (32)$$

где m — масса образца, кг;

l — длина образца, м;

b — ширина образца, м;

h — высота образца, м.

3. Основная характеристика кирпича как каменного материала — это предел прочности при сжатии и изгибе. Перед определением **прочности на сжатие** можно распиливать или разделять любым способом без раздробления монолитный кирпич по ширине на две равные части, которые при испытании

накладывают постелями друг на друга распилами в противоположные стороны. Пустотелый кирпич не распиливают, а при испытании накладывают постелями один на другой два кирпича, причем если пустоты несквозные, то кирпичи укладывают отверстиями вниз (см. рис. 20) [10].

Выбранные для эксперимента кирпичи или их половинки выдерживают не менее 6 минут в воде для предупреждения отсасывания воды кирпичом из цементного раствора, который наносят на их постели для соединения кирпичей и выравнивания их контактных поверхностей. Применяют цементный раствор состава 1:1 на песке крупностью не более 1 мм с $V/C = 0,34-0,36$.

При подготовке образцов на гладкую поверхность плиты (мраморную, стеклянную, металлическую или другую) предварительно укладывают смоченный в воде лист бумаги, на который наносят слой цементного раствора толщиной 5–7 мм. На раствор постелью кладут кирпич, а на его верхнюю постель наносят еще один слой цементного раствора той же толщины. Сверху кладут постелью второй кирпич, надавливая так, чтобы раствор в двух слоях равномерно распределился по толщине. Вытекший за границы кирпича раствор убирают вровень с боковыми гранями кирпичей. Через 10 минут рядом на плите расстилают второй лист бумаги, смоченный в воде, на который также наносят такой же слой цементного раствора. Склеенные ранее кирпичи переворачивают вниз свободной постелью и устанавливают на уложенный слой цементного раствора.

Толщина всех растворных слоев должна быть 3–5 мм, а постели образца из двух кирпичей (или половинок) после выравнивания цементным раствором должны быть параллельны друг другу. Образцы до испытания не менее трех суток выдерживают в помещении при температуре $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха 90–95 %.

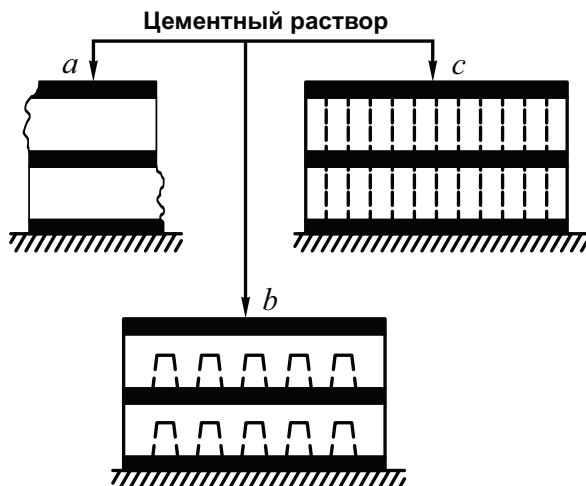


Рис. 20. Подготовка образцов кирпича для определения предела прочности при сжатии

Нормативными документами допускается выравнивание постелей и соединение кирпичей гипсовым раствором, а проведение испытаний — через два часа после их изготовления. Также допускается испытывать образцы с применением вместо растворных слоев прокладок из технического войлока, картона, резины или других материалов.

Испытание некерамических кирпичей отличается: силикатный или шлаковый для испытания разделяют на две равные половины, накладываются постелями друг на друга без соединения и выравнивания раствором постелей образца.

Перед испытанием измеряют площади верхней и нижней постелей подготовленного образца (из двух кирпичей или половинок), ширина и длина каждой постели принимается как среднее арифметическое трех измерений.

При определении прочности при сжатии образец устанавливают в центре опорной плиты прессы и прижимают до плотного

прилегания ко всей поверхности. Нагрузка на образец должна возрастать равномерно и непрерывно со скоростью, необходимой для его разрушения через 20–30 с после начала испытания. Величина разрушающей нагрузки должна находиться в пределах 10–90 % от максимального усилия, развиваемого прессом.

За предел прочности при сжатии партии кирпича принимают среднее арифметическое результатов не менее трех измерений, не учитывая образцы, предел прочности которых превышает среднее арифметическое значение более чем на 40 %. Предел прочности при сжатии одного образца рассчитывают по формуле:

$$R_{сж} = k (P/A), \quad (33)$$

где P — разрушающая нагрузка, кН;

k — коэффициент, используемый при испытании образца из двух утолщенных кирпичей толщиной 88 или 90 мм (или их половинок), $k = 1,2$;

A — площадь поперечного сечения — среднее арифметическое площадей верхней и нижней постелей образца, мм².

4. При определении **прочности при изгибе** кирпич испытывают по схеме свободно лежащей на двух опорах балки, нагружаемой сосредоточенной нагрузкой в середине пролета длиной 200 мм (см. рис. 21).

Выбранные для эксперимента кирпичи выдерживают не менее 6 минут в воде для предупреждения отсасывания воды из цементного раствора, который затем наносят на каждый кирпич следующим образом: на постели полосками толщиной 5–7 мм, шириной 2–3 см, одну помещают посередине поперек верхней постели и две поперек по краям нижней постели. Для этого применяют цементный раствор состава 1:1 на песке крупностью не более 1 мм с В/Ц = 0,34–0,36. Силикатный и шлаковый кирпич на изгиб испытывают так же, как и на сжатие без нанесения полосок раствора.

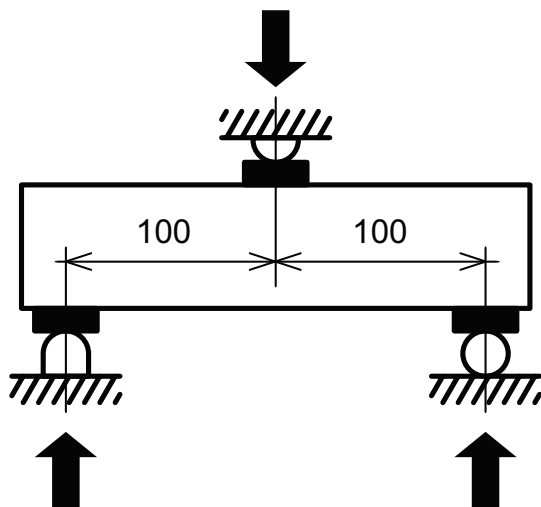


Рис. 21. Схема испытания кирпича на изгиб

При наличии на кирпиче трещин на постели эту поверхность при испытании располагают внизу в растянутой зоне и, соответственно, наносят полосы. При испытании на изгиб кирпичей с несквозными технологическими пустотами они также должны располагаться в нижней растянутой зоне.

При определении прочности при изгибе используют опоры в виде цилиндрических катков диаметром не более 20 мм, длиной не менее ширины кирпича, а один из катков должен быть подвижным. Для испытания можно применять любой пресс, регистрирующий величину разрушающей нагрузки с погрешностью не более 100 Н. Обмер образцов производят с точностью до 1 мм. Высоту кирпича определяют как среднее арифметическое двух измерений боковых граней, а ширину — верхней и нижней постели.

Нагрузка на образец должна возрастать равномерно и непрерывно со скоростью, необходимой для его разрушения через 20–30 с после начала испытания. Величина разрушающей нагрузки должна находиться в пределах 10–90 % от максимального усилия, развиваемого прессом.

За предел прочности при изгибе партии кирпича принимают среднее арифметическое результатов не менее трех измерений, не учитывая образцы, предел прочности которых превышает среднее арифметическое значение более чем на 50 %.

Предел прочности при изгибе одного образца рассчитывают по формуле:

$$R_{\text{изг}} = \frac{3Pl}{2bh^2}, \quad (34)$$

где P — разрушающая нагрузка, кН;

l — расстояние между осями опор, $l = 200$ мм;

b — ширина кирпича, мм;

h — высота кирпича, мм.

5. Определение **водопоглощения кирпича** проводят на целых кирпичах или половинках [3]. Высушенные до постоянной массы кирпичи укладывают на ложок в сосуд с водой (температура воды 20 ± 5 °С) в один ряд на подкладки, при этом уровень воды в сосуде должен быть выше кирпичей на 2–10 см для исключения гидростатического давления воды.

После выдержки в течение 48 ч кирпичи вынимают из сосуда, удаляют лишнюю воду с поверхности мягкой влажной тканью и взвешивают. Массу воды, вытекшей из пор кирпича на чашу весов, добавляют к массе образца, насыщенного водой. Взвешивание должно быть закончено в течение 2 минут после вынимания кирпича из воды.

За водопоглощение партии кирпича принимают среднее арифметическое значение результатов не менее 10 измерений. А в учебной лаборатории — трех. Водопоглощение одного

образца рассчитывают по формуле:

$$W = ((m_2 - m_1)/m_1) \cdot 100 \%, \quad (35)$$

где m_1 — масса сухого кирпича, кг;

m_2 — масса насыщенного водой кирпича, кг.

Водопоглощение — важный показатель кирпича, т.к. позволяет косвенно оценить его теплопроводность. Для любых пористых тел наблюдается прямо пропорциональная зависимость между открытой пористостью материала, водопоглощением и коэффициентом теплопроводности.

5. Композиционные материалы на основе вяжущих веществ

Композиционным называют материал, выгодно сочетающий качественные характеристики разнородных компонентов, присутствующих в его составе. В строительстве наибольшее распространение нашли композиты на основе гидратационных вяжущих веществ (портландцемент, гипсовые вяжущие, воздушная известь и другие).

Бетон — искусственный каменный материал, получаемый в результате затвердевания бетонной смеси, состоящей из отдозированных в определенном соотношении компонентов: вяжущего вещества (матрица), мелких (песок) и крупных (щебень, гравий) заполнителей, которые можно назвать армирующими элементами, воды и, в необходимых случаях, добавок. До затвердевания эта смесь называется **бетонной смесью**.

Бетон появился на рубеже I и II вв. до н. э. и его успешно использовали в Древнем Риме. Затем в течение многих веков бетон применяли как второстепенный материал, а в середине XVII в. его «открыли заново». История бетона неразрывно связана с историей цемента.

Древнейшими вяжущими веществами, используемыми человеком, являлись глина и жирная земля, которые после

смешивания с водой и высыхания приобретали некоторую прочность. По мере развития и усложнения строительства возрастали требования, предъявляемые к вяжущим веществам. Более чем за 3000 лет до н. э. в Египте, Индии и Китае начали изготавливать искусственные вяжущие, такие как гипс, а позднее известь. Соединение бетона с арматурой и создание железобетона в середине XIX в. дало мощный толчок к применению его в строительстве.

В современных условиях бетон — один из основных строительных материалов, ценный возможностью придавать ему разнообразные свойства, изменять в широких пределах прочность, плотность, теплопроводность и изготавливать из него изделия, сборные конструкции и монолитные сооружения различной формы и назначения. Бетон широко используют в гражданском, промышленном, гидротехническом, теплоэнергетическом, дорожном и других видах строительства.

Ко всем бетонам и бетонным смесям предъявляют следующие требования: до затвердевания смеси должны легко перемешиваться, транспортироваться и укладываться без расслоения (изменения состава по высоте); бетоны должны обладать определенной скоростью твердения в соответствии с заданными сроками распалубки и ввода конструкции в эксплуатацию; расход цемента и стоимость бетона должны быть минимальными.

Бетоны классифицируют по средней плотности, виду вяжущего вещества и назначению. Многие свойства бетона зависят от его плотности, на величину которой влияют плотность цементного камня, вид заполнителя и структура бетонов.

Вяжущее вещество и вода являются активными компонентами бетона, реагирующими между собой с образованием искусственного камня, скрепляющего зерна заполнителей. Во многом определяющим свойством бетона является вяжущее вещество, по виду которого бетоны подразделяют на це-

ментные, силикатные, гипсовые, шлакощелочные, полимерцементные и специальные. Наиболее широко применяют в строительстве **цементные бетоны**, которые изготавливают на портландцементе и его разновидностях (около 65 % от общего объема производства). Используемый вид цемента и его марка зависят от условий работы будущей бетонной конструкции, ее назначения и способов производства работ.

Заполнители (песок, гравий, щебень) являются инертной частью бетона, не вступают в химическое взаимодействие с цементом и водой. Эти материалы образуют жесткий скелет бетона и уменьшают его усадку, вызываемую усадкой цементного камня при твердении. В легких бетонах пористые заполнители уменьшают плотность и теплопроводность бетона.

Для приготовления бетонной смеси используют обычную питьевую воду, не содержащую вредных примесей, препятствующих твердению цементного камня: органических веществ, жиров, масел, нефтепродуктов, взвешенных частиц пыли, глины и песка. Органические примеси, содержащие фенолы и сахара, снижают скорость гидратации цемента. Запрещается использовать для изготовления бетонной смеси сточные, производственные или бытовые воды, болотные воды.

Введение химических добавок в растворную или бетонную смесь является самым простым и удобным способом повышения их качества. Воздействуя на удобоукладываемость, добавки позволяют также значительно улучшать технические и эксплуатационные показатели: прочность на сжатие и изгиб, морозостойкость, трещиностойкость, водонепроницаемость, теплопроводность и устойчивость к агрессивному воздействию окружающей среды.

Свежеприготовленная бетонная смесь должна быть хорошо перемешана (однородна), пригодна к транспортировке на место укладки с учетом погодных условий. На практике для оценки свойств бетонной смеси используют измеряемые техниче-

ские характеристики: водоудерживающую способность (играет значительную роль в образовании структуры бетона) и удобоукладываемость.

Удобоукладываемость — важная характеристика бетонной смеси, определяющая способность ее после уплотнения заполнять форму, образуя однородную массу. На удобоукладываемость бетонных смесей оказывает влияние вид цемента, содержание воды, крупность и форма зерен заполнителей и соотношение между фракциями, наличие вредных примесей и химических добавок. Для оценки удобоукладываемости используют показатели подвижности и жесткости, позволяющие разделять бетонные смеси на жесткие и подвижные.

Структура бетона неоднородна. Отдельные части материала могут значительно отличаться друг от друга по структуре и свойствам. В разрезе бетона могут различаться цементный камень, отдельные зерна заполнителя, а также и отдельные микрообъемы цементного камня (см. рис. 22). Контактная зона (прослойки цементного камня, прилегающие к поверхности заполнителей), так же как основной массив цементного камня, неоднородна и содержит дефекты, микротрещины и непрореагировавшие зерна, снижающие однородность материала.

На свойства бетона существенное влияние оказывает его плотность и пористость. С учетом этого фактора профессор Ю. М. Баженов разделил макроструктуру бетона на четыре типа: плотную, с пористым заполнителем, ячеистую и зернистую.

Технические требования, предъявляемые к бетонной смеси, приведены в ГОСТ 7473–2010 «Смеси бетонные. Технические условия». Основными качественными показателями являются: удобоукладываемость; средняя плотность; расслаиваемость; пористость; температура; сохраняемость свойств во времени; объем вовлеченного воздуха.

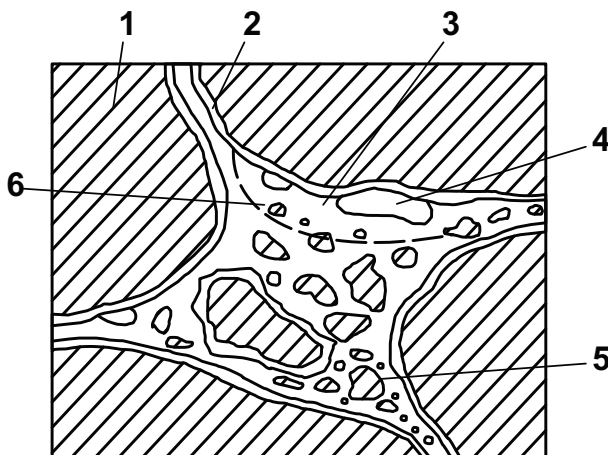


Рис. 22. Элементарная ячейка структуры бетона:

1 — зерна заполнителя; 2 — контактная зона; 3 — зона ослабленной структуры вследствие седиментации; 4 — воздушные пузырьки; 5 — зона уплотненной структуры; 6 — крупные седиментационные поры

Поставляют бетонные смеси конечному потребителю партиями. Партия — это объем продукции одного класса или марки, отгружаемой в течение одних суток (см. прил. 6).

Для оценки качества бетонной смеси отбирают пробы для проведения испытаний в строительной лаборатории на соответствие требованиям действующих нормативных документов: ГОСТ 10181–2014 «Смеси бетонные. Методы испытаний», ГОСТ 10180–2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам» и другим.

1. **Подвижность** бетонной смеси определяют по осадке стандартного конуса Абрамса [4], изготовленного из тонкой листовой стали, который имеет следующие размеры: высота 300 мм, диаметр нижнего основания 200, верхнего — 100 мм (см. рис. 23, а).

Конус устанавливают на горизонтальной площадке, не впитывающей влагу, и наполняют в три приема, каждый раз уплотняя смесь 25 ударами металлического стержня-штыковки. Поверхность смеси заглаживают, затем конус аккуратно снимают и устанавливают рядом. Под действием силы тяжести бетонная смесь деформируется и оседает. Разность высот металлической формы конуса и осевшей бетонной смеси, выраженная в сантиметрах, характеризует подвижность смеси и называется осадкой конуса (ОК). С помощью этого показателя оценивают подвижность пластичных бетонных смесей.

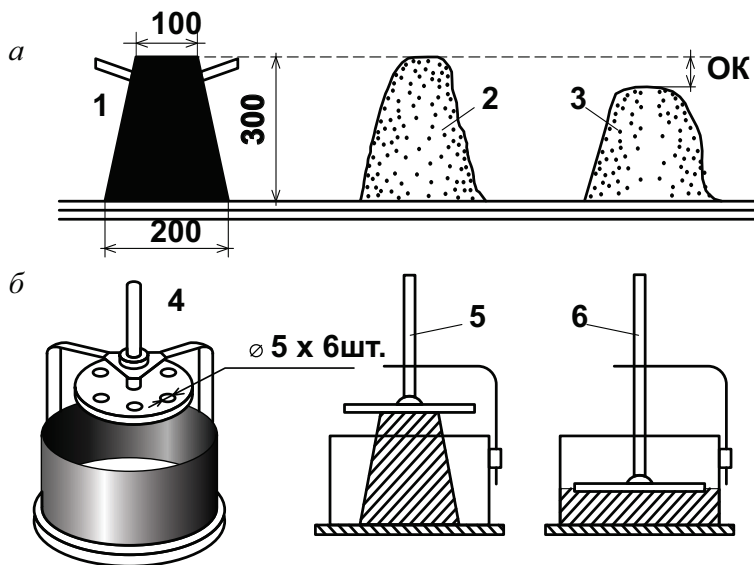


Рис. 23. Определение удобоукладываемости бетонной смеси по подвижности — *а* и по жесткости — *б*:

1 — конус Абрамса; 2 — жесткая бетонная смесь ($OK=0$); 3 — подвижная бетонная смесь ($OK > 0$); 4 — прибор для определения жесткости бетонной смеси; 5, 6 — начальный и конечный моменты испытаний

2. Жесткость бетонной смеси — это время вибрирования, (в секундах), необходимое для уплотнения бетонной смеси [4]. Ее определяют у смесей, у которых значение $ОК = 0$. Жесткость определяют на вискозиметре, который представляет собой металлический цилиндр диаметром 240 мм и высотой 200 мм (см. рис. 23, б).

Цилиндр устанавливают на лабораторную виброплощадку со стандартными характеристиками: частота 50 Гц и амплитуда колебаний 0,5 мм в ненагруженном состоянии. В него помещают конус и заполняют бетонной смесью таким же образом, как и при определении подвижности. После этого конус снимают и, поворачивая штатив, опускают стальной диск на бетонную смесь. Общая масса диска с шайбой и штангой составляет около 2750 г, что создает при уплотнении пригруз 0,9 кПа. Включив виброплощадку, смесь подвергают вибрации до тех пор, пока цементное тесто не начнет выделяться из всех отверстий диска. В этот момент вибратор выключают. Это время называют показателем жесткости бетонной смеси (**Ж**) и выражают в секундах.

Классификация бетонных смесей по подвижности (жесткости) приведена в ГОСТ 7473–2010 «Смеси бетонные. Технические условия» (см. прил. 6). Бетонные смеси марок Ж1–Ж4 имеют $ОК = 0$, а бетонные смеси марок П2–П5 имеют показатель жесткости $Ж = 0$, т. к. оседают и заполняют форму без включения виброплощадки [4].

3. Прочность является основной характеристикой бетона как конструкционного материала. Преимущественно определяют прочность на сжатие и на изгиб.

Прочность на сжатие бетона характеризуют предельным значением усилия, необходимого для разрушения стандартных образцов-кубов $15 \times 15 \times 15$ см [1]. Можно использовать образцы $10 \times 10 \times 10$ см или $20 \times 20 \times 20$ см, но тогда необходимо применять переводные коэффициенты (для куба с ребром 10 см

$k = 0,91$, для — 20 см $k = 1,05$). При расчете прочности на сжатие используют формулу:

$$R_{сж} = k (P/A), \quad (36)$$

где P — разрушающая нагрузка, кН;

k — переводной коэффициент, учитывающий размер образца;

A — площадь поперечного сечения — среднее арифметическое площадей верхней и нижней поверхности образца, мм².

Размер образцов выбирают в зависимости от наибольшей крупности зерен заполнителя $D_{наиб}$ (см. прил. 7).

Для определения прочности на изгиб бетона изготавливают стандартные образцы-призмы квадратного сечения 15×15×60 см. Предел прочности при изгибе одного образца рассчитывают по формуле:

$$R_{изг} = \frac{3Pl}{2bh^2}, \quad (37)$$

где P — разрушающая нагрузка, кН;

l — расстояние между осями опор, мм;

b — ширина образца, мм;

h — высота образца, мм.

По результатам определения прочности на изгиб и сжатие назначают класс бетона — числовую характеристику прочности, принимаемую с гарантированной обеспеченностью 0,95. Это означает, что прочность обеспечивается не менее чем в 95 случаях из 100. Бетоны по прочности на сжатие подразделяют на классы: В1; В1,5; В2; В2,5; В3,5; В5; В7,5; В10; В12,5; В15; В20; В25; В30; В40; В45; В50; В55; В60 [1].

Качество бетона зависит от правильности выбора составляющих бетонной смеси и проектирования состава бетона. Подбор состава бетона включает в себя следующие операции: расчет состава бетона; опытную проверку расчетного состава пробными замесами; определение формовочных свойств бе-

тонной смеси; определение коэффициента выхода бетонной смеси; определение механических свойств бетона. Состав бетонной смеси выражают двумя способами:

— в виде весового соотношения между цементом, мелким и крупным заполнителями (1:X:Y) с обязательным указанием водоцементного соотношения и активности цемента; при этом количество цемента принимают за единицу;

— в виде расхода материалов по массе на 1 м³ бетонной смеси, который принято рассчитывать по методу абсолютных объемов Б.Г. Скрамтаева, основанном на условии, что уложенная и уплотненная бетонная смесь не имеет пор и пустот.

По методу абсолютных объемов проводят расчеты в следующей очередности.

1. Определяют водоцементное соотношение В/Ц в зависимости от требуемой прочности бетона (R_b) и активности портландцемента ($R_{ц}$) по формулам:

— для обычного бетона при В/Ц > 0,4:

$$В/Ц = \frac{AR_{ц}}{R_b + 0,5AR_{ц}}, \quad (38)$$

— для высокопрочного бетона при В/Ц < 0,4:

$$В/Ц = \frac{A_1 R_{ц}}{R_b - 0,5A_1 R_{ц}}. \quad (39)$$

Значения коэффициентов бетонной смеси (A и A_1) принимают в зависимости от качества компонентов (см. табл. 5). Высококачественными материалами являются: портландцемент высокой активности без добавок или с минимальным количеством гидравлической добавки, чистые промытые заполнители, фракционированные с оптимальным зерновым составом: щебень из плотных горных пород высокой прочности и песок оптимальной крупности. К рядовым материалам относятся

портландцемент средней активности или высокомарочный шлакопортландцемент, заполнители среднего качества, в том числе гравий. Материалами пониженного качества являются цементы низкой активности, крупные заполнители низкой прочности и мелкие пески.

Таблица 5

Коэффициенты качества компонентов бетонной смеси

Материалы для бетона	A	A_1
Высококачественные	0,65	0,43
Рядовые	0,60	0,40
Пониженного качества	0,55	0,37

2. Определяют расход воды в зависимости от требуемой подвижности бетонной смеси по графикам (рис. 24) для бетонной смеси из портландцемента, песка средней крупности с водопотребностью 7 % и гравия наибольшей крупности (1—80 мм, 2—40 мм, 3—20 мм, 4—10 мм).

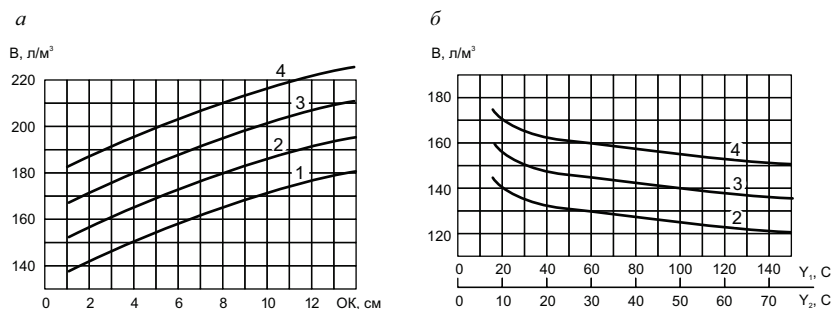


Рис. 24. Графики водопотребности (B) пластичной — a и жесткой — b бетонной смеси, изготовленной с применением портландцемента, песка средней крупности (водопотребность 7 %) и гравия наибольшей крупности: 1—80 мм; 2—40 мм; 3—20 мм; 4—10 мм

Удобоукладываемость указана при определении по техническому вискозиметру (γ_1) и по способу Б. Г. Скрамтаева (γ_2). В случае использования песка с водопотребностью, не равной 7 %, расход воды увеличивают по 5 л на каждый 1 % увеличения водопотребности и снижают по 5 л на каждый 1 % ее уменьшения. При применении в качестве крупного заполнителя щебня расход воды увеличивают на 10 л. При применении пуццолановых цементов расход воды увеличивают на 15–20 л. При расчетном расходе цемента более 400 кг расход воды увеличивают по 10 л на каждые 100 кг цемента.

3. Определяют расход цемента по формуле:

$$Ц = В : (В/Ц). \quad (40)$$

4. Устанавливают коэффициент раздвижки зерен (α) по табл. 6. При других значениях расхода цемента ($Ц$) и водоцементного отношения ($В/Ц$) коэффициент раздвижки зерен находят методом интерполяции. В случае использования песка с водопотребностью, не равной 7 %, α уменьшают по 0,3 на каждый 1 % увеличения водопотребности и увеличивают по 0,03 на каждый 1 % ее уменьшения.

Таблица 6

Коэффициент раздвижки зерен для пластичных бетонных смесей

Расход цемента, кг/м ³	Значения коэффициента α при В/Ц				
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
250	—	—	1,26	1,32	1,38
300	—	1,30	1,36	1,42	—
350	1,32	1,38	1,44	—	—
400	1,40	1,46	—	—	—
500	1,50	1,56	—	—	—

5. Определяют пустотность щебня по формуле:

$$П_{щ} = 1 - (\rho_{нас.щ} / \rho_{щ}), \quad (41)$$

где $\rho_{\text{нас.щ}}$ — насыпная плотность щебня, кг/м³;

$\rho_{\text{щ}}$ — истинная плотность щебня, кг/м³.

6. Определяют расход щебня по формуле:

$$\text{Щ} = \frac{1}{\alpha \frac{\text{П}_{\text{щ}}}{\rho_{\text{нас.щ}}} + \frac{1}{\rho_{\text{щ}}}}. \quad (42)$$

7. Определяют расход песка по формуле:

$$\text{П} = \rho_{\text{п}} \left(1 - \frac{\text{Ц}}{\rho_{\text{ц}}} - \frac{\text{В}}{\rho_{\text{в}}} - \frac{\text{Щ}}{\rho_{\text{щ}}} \right), \quad (43)$$

где $\rho_{\text{в}} = 1000$ кг/м³; $\rho_{\text{ц}} = 3100$ кг/м³.

8. Определяют плотность бетонной смеси по формуле:

$$\rho_{\text{б.см}} = \text{Ц} + \text{Щ} + \text{П} + \text{В}. \quad (44)$$

Расчетный состав бетона уточняется на пробных замесах.

Строительные растворы представляют собой тщательно отдозированные мелкозернистые смеси, состоящие из неорганических вяжущих веществ (цемент, известь, гипс), мелкого заполнителя (песок, дробленый шлак, отсеб дробления), воды и в необходимых случаях химических добавок. В свежеприготовленном состоянии растворные смеси можно укладывать на основания тонким слоем, заполняя все его неровности. Они должны схватываться, твердеть и набирать прочность, превращаясь в камневидный материал.

Строительные растворы классифицируют по:

— плотности на тяжелые со средней плотностью более 1800 кг/м³, легкие — менее 1800 кг/м³;

— виду вяжущего на известковые, гипсовые, цементные, известково-цементные, известково-гипсовые, цементно-глиняные и другие;

— условиям твердения на воздушные, твердеющие в воздушно-сухих условиях и гидравлические, начинающие твер-

деть на воздухе и продолжающие твердеть в воде или во влажных условиях;

— составу на простые — на одном виде вяжущего вещества и смешанные (сложные) — из нескольких видов вяжущих;

— назначению на кладочные, используемые при кладке каменных стен; отделочные, применяемые при проведении штукатурных работ; гидроизоляционные, предотвращающие проникновение воды через конструкции; акустические, обладающие хорошей звукоизоляцией и теплоизоляционные с низким коэффициентом теплопроводности.

Состав растворов выражают двумя (простые 1:4) или тремя (смешанные 1:0,5:4) числами, показывающими соотношение количества вяжущего и мелкого заполнителя. В смешанных растворах первое число выражает массовую часть количества основного вяжущего вещества, второе — часть дополнительного вяжущего вещества по отношению к основному. Например, состав известково-цементного раствора 1:1:9 означает, что на одну часть извести в растворе приходится одна часть цемента и девять частей заполнителя.

Основные свойства растворных смесей аналогичны свойствам бетонных смесей: подвижность, водоудерживающая способность, расслаиваемость, температура применения и средняя плотность. Затвердевшие растворы подразделяют на марки по прочности на сжатие, морозостойкости и средней плотности. Требования к растворам различных марок представлены в ГОСТ 28013—98 «Растворы строительные. Общие технические условия».

Сухие строительные смеси представляют собой тщательно приготовленные в заводских условиях смеси, состоящие из минерального и (или) полимерного вяжущего, заполнителя, тонкодисперсного наполнителя и полимерных модифицирующих добавок. В качестве вяжущих в смесях используют портландцемент (обычный, белый или цветной), известь-пушон-

ку, гипс. Заполнителями служат мономинеральный кварцевый или полиминеральный песок определенного фракционного состава; песок обязательно должен быть чистым, не содержать органических и других примесей. Для придания специальных свойств в состав смесей входят добавки: ускорители твердения, порообразователи, противоморозные, окрашивающие, гидрофобизирующие и другие.

Сухие строительные смеси классифицируют по виду вяжущего, условиям и области применения, а также наибольшей крупности зерен заполнителей. Классификация сухих строительных смесей представлена в ГОСТ 31189–2015 «Смеси сухие строительные. Классификация».

Сухие строительные смеси промышленного производства в зависимости от используемого вяжущего должны соответствовать требованиям нормативных документов: ГОСТ 31357–2007 «Смеси сухие строительные на цементном вяжущем. Общие технические условия», ГОСТ 31377–2008 «Смеси сухие строительные штукатурные на гипсовом вяжущем. Технические условия» и другими.

Для оценки качества сухих строительных смесей отбирают пробы от партий продукции (минимальный объем — сменная выработка смесителя, максимальный — суточная) для проведения испытаний в строительной лаборатории на соответствие требованиям действующих нормативных документов. Испытания должны проводиться по методикам, описанным в соответствующих документах (ГОСТ 31356–2007 «Смеси сухие строительные на цементном вяжущем. Методы испытаний», ГОСТ 31376–2008 «Смеси сухие строительные на гипсовом вяжущем. Методы испытаний» и других). Методология определения качественных характеристик растворных сухих строительных смесей приведена ниже.

Для приготовления растворных смесей, предназначенных для испытаний, используют воду в объеме, указанном на мар-

кировке сухой смеси и обеспечивающем получение требуемой подвижности растворной смеси. При проведении контрольных испытаний растворные смеси приготавливают в смесителе (рис. 25), однако допускается приготовление смесей вручную.

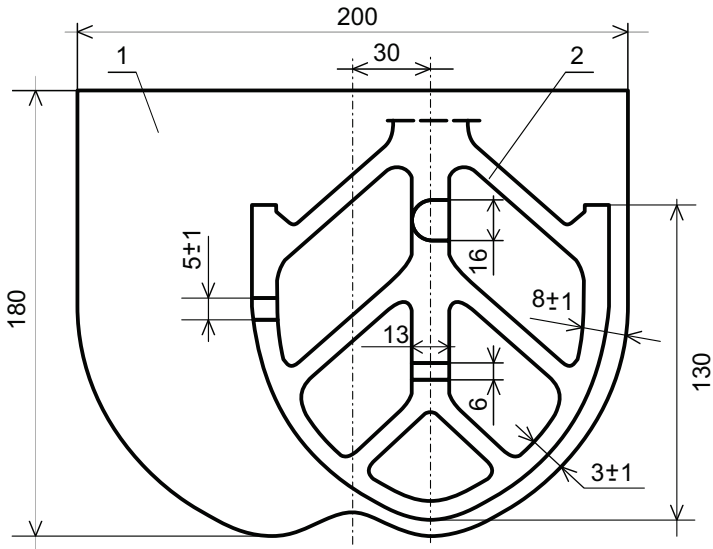


Рис. 25. Смеситель для приготовления растворных смесей:

1 — чаша; 2 — лопасть

Началом перемешивания смеси считают момент соединения всей пробы сухой смеси с водой (момент затворения). Смесь необходимо изготавливать в смесителе в следующей последовательности: перемешивание в течение 120 с, остановка смесителя для снятия налипшей на его стенки смеси в течение 90 с и окончательное перемешивание в течение 60 с. При приготовлении вручную смесь должна перемешиваться непрерывно.

1. Сущность метода **определения подвижности** готовой (затворенной) сухой строительной смеси заключается в определении количества воды, необходимого для получения растворной смеси требуемой подвижности, определяемой по диаметру расплыва (растекаемости) образца растворной смеси. Данным методом определяют подвижность текучих (литых) и пластичных растворных смесей.

При определении подвижности литых смесей используют форму (кольцо Вика) высотой 40 мм, верхним диаметром 65 мм и нижним диаметром 75 мм, изготовленную из нержавеющей материала.

Готовую растворную смесь в течение 15 с после приготовления переносят в форму, установленную в центре стеклянной пластинки, удаляют металлической линейкой ее избыток вровень с верхним краем формы. После этого кольцо резко поднимают строго вверх выше верхней поверхности пробы, чтобы дать растворной смеси свободно растекаться по пластинке. Затем измеряют диаметр расплыва образовавшейся лепешки в двух взаимно перпендикулярных направлениях с погрешностью ± 5 мм и определяют среднеарифметическое значение с точностью до 1 мм. Диаметр расплыва образца растворной смеси должен быть 150–210 мм.

Определение подвижности пластичных растворных смесей отличается незначительно. Для пластичных смесей определяют диаметр расплыва образца растворной смеси на встряхивающем столике. Для этого форму устанавливают на стеклянную пластинку ровно в центре встряхивающего столика, при этом эксцентриситет установки формы относительно центра пластинки на столике не должен превышать 1 мм.

Через 10–15 с после укладки смеси в кольцо Вика форму резко поднимают строго вверх и встряхивают растворную смесь 15 раз с постоянной частотой (один удар в секунду), а затем по описанной методике измеряют диаметр расплыва образца, который должен быть (165 ± 5) мм.

Если диаметр расплыва образца выходит за указанные пределы, испытание повторяют с измененным (увеличенным или уменьшенным) расходом воды до получения смеси заданной подвижности.

Определение водотвердого отношения повторяют, используя новую пробу сухой смеси. Водотвердое отношение (В/Т) одного испытания рассчитывают по формуле:

$$В/Т = m_1/m_2, \quad (45)$$

где m_1 — масса воды для получения смеси требуемой подвижности, г;

m_2 — масса навески сухой смеси, г.

За водотвердое отношение партии сухой строительной смеси принимают среднее арифметическое значение двух результатов испытаний.

2. Определение **водоудерживающей способности** заключается в определении количества воды, удерживаемой растворной смесью после затворения ее водой, и распределении на пористом поглощающем воду основании. Для этого используют устройство для определения водоудерживающей способности растворной смеси (см. рис. 26).

Первоначально десять листов фильтровальной бумаги взвешивают с погрешностью $\pm 0,1$ г, помещают на стеклянную пластинку и сверху укладывают прокладку из марлевой ткани. На прокладку устанавливают металлическое кольцо, и все устройство взвешивают с погрешностью $\pm 0,1$ г. Приготовленную смесь укладывают в металлическое кольцо вровень с краями, выравнивают ножом, протертым влажной тканью, и взвешивают с погрешностью $\pm 0,1$ г и оставляют на 10 минут. По истечении этого времени кольцо со смесью снимают вместе с марлей, а влажную фильтровальную бумагу взвешивают с погрешностью $\pm 0,1$ г.

Водоудерживающую способность смеси устанавливают по содержанию воды в пробе смеси после испытания.

Первоначальную массу воды в смеси (m_B) рассчитывают по формуле:

$$m_B = m_c \cdot (B/T), \quad (46)$$

где B/T — определяемое экспериментально водотвердое отношение;

m_c — масса растворной смеси, уложенной в металлическое кольцо, г, определяемая по формуле:

$$m_c = m_2 - m_1, \quad (47)$$

где m_2 — масса устройства с растворной смесью, г;

m_1 — масса устройства без растворной смеси, г.

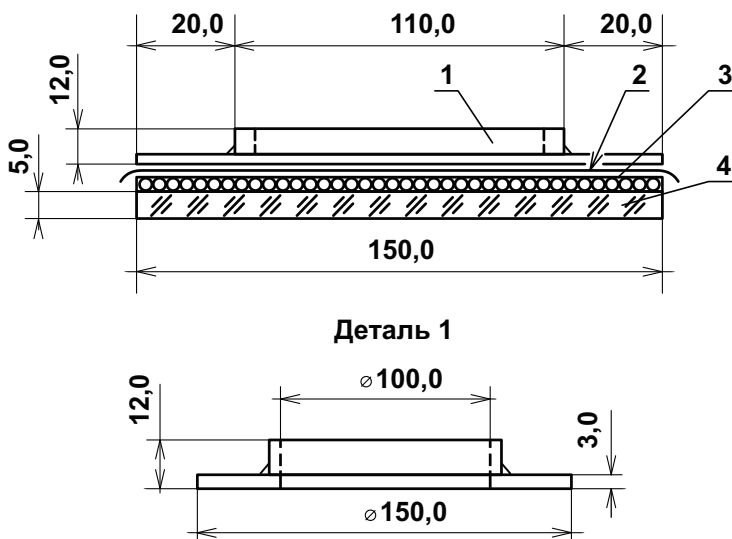


Рис. 26. Схема устройства для определения водоудерживающей способности:

- 1 — кольцо со смесью; 2 — прокладка из марлевой ткани;
3 — десять листов бумаги; 4 — стеклянная пластинка

Потерю воды смесью ($m_{\text{пот}}$) рассчитывают по формуле:

$$m_{\text{пот}} = (m_{\text{вб}}/m_{\text{в}}) \cdot 100 \%, \quad (48)$$

где $m_{\text{в}}$ — масса воды для получения смеси требуемой подвижности, г;

$m_{\text{вб}}$ — масса воды, поглощенная бумагой, определяемая по формуле:

$$m_{\text{вб}} = m_3 - m, \quad (49)$$

где m — масса бумаги до испытания, г;

m_3 — масса бумаги после испытания, г.

Определение водоудерживающей способности повторяют, используя новую пробу сухой смеси. Водоудерживающую способность одного испытания смеси (В) рассчитывают по формуле:

$$В = 100 - m_{\text{пот}}. \quad (50)$$

За водоудерживающую способность партии сухой строительной смеси принимают среднее арифметическое значение двух результатов испытаний.

Заключение

Современные тенденции развития промышленности строительных материалов, как и строительства в целом, связаны с необходимостью внедрения энерго- и ресурсосберегающих технологий, повышением экономической и экологической эффективности производства при сохранении заданных показателей качества производимой продукции.

Анализ объемов выпускаемых в РФ строительных материалов конструкционного назначения показал, что, несмотря на расширение номенклатуры мелкоштучных стеновых изделий, ведущее место по-прежнему занимают бетон и железобетон. Для России с ее суровым климатом, характерным для преобладающей части территории, сборный железобетон является географически универсальным материалом. Вместе с этим в последние годы наблюдается тенденция к увеличению выработки товарной бетонной смеси, что объясняется увеличением доли монолитного домостроения, в том числе в Свердловской области.

Таким образом, монолитное и сборно-монолитное домостроение становится доминирующим методом строительства в общей структуре строительного комплекса. Этому способствует развитие процессов приготовления, доставки, подачи и укладки бетонной смеси, применение ускоренных методов твердения при всесезонном производстве работ. Перспективным направлением совершенствования технологии бетона

и железобетона является получение сверхвысокопрочных изделий и конструкций, обладающих повышенными потребительскими свойствами.

Потребительские свойства строительных материалов и изделий определяются их назначением, а понятие качества складывается из совокупности изначально заданных свойств. Показатели качества конкретного строительного материала и/или изделия регламентируются нормативными документами. Поэтому для объективной оценки их качества очень важно предварительное изучение соответствующих ГОСТов и тщательное соблюдение их требований в процессе подготовки образцов и проведения экспериментов.

Библиографический список

1. ГОСТ 10180–2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. Москва : Стандартинформ, 2013. 30 с.
2. ГОСТ 125–79. Вяжущие гипсовые. Технические условия. Москва : Изд-во стандартов, 2002. 6 с.
3. ГОСТ 530–2012. Кирпич и камень керамические. Общие технические условия. Москва : Стандартинформ, 2013. 27 с.
4. ГОСТ 7473–2010. Смеси бетонные. Технические условия. Москва : Стандартинформ, 2011. 16 с.
5. ГОСТ 8267–93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия. Москва : Стандартинформ, 2008. 10 с.
6. ГОСТ 8736–2014. Песок для строительных работ. Технические условия. Москва : Стандартинформ, 2015. 8 с.
7. ГОСТ 9179–77. Известь строительная. Технические условия. Москва : Изд-во стандартов, 2000. 5 с.
8. Басин Е. В. Российская архитектурно-строительная энциклопедия. Т. 1: Стройиндустрия, строительные материалы, технология и организация производства работ. Строительные машины и оборудование / Е. В. Басин (гл. ред.). Москва : Триада, 1995. 495 с.
9. Химия неорганических вяжущих материалов : учебное пособие [Электронный ресурс] / А. А. Суворова, Т. Д. Пришлецова, Г. Н. Сычева, Р. П. Соболев. Москва : МГУП, 2007.

Режим доступа: <http://pandia.ru/text/77/192/22290.php>. Загл. с экрана.

10. Корчагина О. А. Материаловедение: оценка качества строительных материалов: лаб. практ. [Электронный ресурс] / О. А. Корчагина, В. Г. Однолько. Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. 96 с. Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/131/73131/files/korchagina-a.pdf>. Загл. с экрана.

11. ГОСТ 31189–2015. Смеси сухие строительные. Классификация. Москва : Стандартиформ, 2015. 6 с.

12. ГОСТ 28013–98. Растворы строительные. Общие технические условия. Москва : Изд-во стандартов, 1999. 18 с.

Приложение 1

Требования ГОСТ 8736–2014 «Песок для строительных работ. Технические условия»

Таблица П.1.1

Группы песка по крупности

Группа песка	Модуль крупности M_k	Полный остаток на сите № 063
Повышенной крупности	свыше 3,0 до 3,5	свыше 65 до 75
Крупный	$>> 2,5 >> 3,0$	$>> 45 >> 65$
Средний	$>> 2,0 >> 2,5$	$>> 30 >> 45$
Мелкий	$>> 1,5 >> 2,0$	$>> 10 >> 30$
Очень мелкий	$>> 1,0 >> 1,5$	До 10
Тонкий	$>> 0,7 >> 1,0$	Не нормируется
Очень тонкий	До 0,7	Не нормируется

Таблица П.1.2

Требования к песку по содержанию зерен разной крупности

Класс и группа песка	Содержание зерен крупностью		
	Св. 10 мм	Св. 5 мм	Менее 0,16 мм
I класс			
Повышенной крупности, крупный и средний	0,5	5	5
Мелкий	0,5	5	10
II класс			
Повышенной крупности	5	20	10

Окончание табл. П.1.2

Класс и группа песка	Содержание зерен крупностью		
	Св. 10 мм	Св. 5 мм	Менее 0,16 мм
Крупный и средний	5	15	15
Мелкий и очень мелкий	0,5	10	20
Тонкий и очень тонкий	Не допускается		Не нормируется

Таблица П.1.3

Требования к песку по содержанию вредных частиц

Класс и группа песка	Содержание пылевидных и глинистых частиц	Содержание глины в комках
I класс		
Повышенной крупности, крупный и средний	2	0,25
Мелкий	3	0,35
II класс		
Повышенной крупности, крупный и средний	3	0,5
Мелкий и очень мелкий	5	0,5
Тонкий и очень тонкий	10	0,1

Приложение 2

Требования ГОСТ 8267–93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия»

Полные остатки на контрольных ситах при расसेве щебня и гравия фракций от 5 (3) до 10 мм, 10–20 мм, 20–40 мм, 40–80 (70) мм и смеси фракций от 5 (3) до 20 мм и от 5 до 15 мм должны соответствовать указанным в табл. П.2.1, где d и D — наименьшие и наибольшие номинальные размеры зерен.

Таблица П.2.1

Зерновой состав щебня

Диаметр отверстий контрольных сит, мм	d	$0,5 (d+D)$	D	$1,25D$
Полные остатки на ситах, % по массе	От 90 до 100	От 30 до 60	До 10	До 0,5
Примечание. Для щебня и гравия фракций от 5 (3) до 10 мм применяют соответственно сита 2,5 и 1,25 мм, полные остатки на которых должны быть от 95 до 100 % по массе.				

Таблица П.2.2

Группы щебня по количеству зерен пластинчатой и игловатой формы

Группа щебня	Содержание зерен пластинчатой и игловатой формы, %
1	Менее 10
2	От 10 до 15

Окончание табл. П.2.2

Группа щебня	Содержание зерен пластинчатой и игловатой формы, %
3	От 15 до 25
4	От 25 до 35
5	От 35 до 50

Таблица П.2.3

Марки щебня (гравия) по дробимости

Марка по дробимости	Потеря массы при испытании Др, %				
	щебня				гравия
	из осадочных и метаморфических пород	из изверженных пород		из гравия	
		интрузивных	эффузивных		
1400	—	Менее 12	Менее 9	—	—
1200	Менее 11	От 12 до 16	От 9 до 11	—	—
1000	От 11 до 13	От 16 до 20	От 11 до 13	Менее 10	Менее 8
800	От 13 до 15	От 20 до 25	От 13 до 15	От 10 до 14	От 8 до 12
600	От 15 до 19	От 25 до 34	От 15 до 20	От 14 до 18	От 12 до 16
400	От 19 до 24	—	—	От 18 до 26	От 16 до 24
300	От 24 до 28	—	—	—	—
200	От 28 до 35	—	—	—	—

Приложение 3

Требования ГОСТ 9179–77 «Известь строительная. Технические условия»

Показатель	Норма для извести, % по массе							
	негашеной						гидрат- ной	
	кальциевой			магнезиаль- ной и доломи- товой				
	сорт							
1	2	3	1	2	3	1	2	
Активные CaO+MgO, не менее:								
— без добавок	90	80	70	85	75	65	67	60
— с добавками	65	55	—	60	50	—	50	40
Активный MgO, не более				20	20	20		
	5	5	5	(40)	(40)	(40)	—	—
CO ₂ , не более:								
— без добавок	3	5	7	5	8	11	3	5
— с добавками	4	6	—	6	9	—	2	4
Непогасившиеся зерна, не более	7	11	14	10	15	20	—	—

Приложение 4

Требования ГОСТ 125–79 «Вяжущие гипсовые. Технические условия»

Таблица П.4.1

Марки гипсового вяжущего по прочности

Марка вяжущего	Предел прочности, МПа (кгс/см ²), не менее	
	при сжатии	при изгибе
Г-2	2 (20)	1,2 (12)
Г-3	3 (30)	1,8 (18)
Г-4	4 (40)	2,0 (20)
Г-5	5 (50)	2,5 (25)
Г-6	6 (60)	3,0 (30)
Г-7	7 (70)	3,5 (35)
Г-10	10 (100)	4,5 (45)
Г-13	13 (130)	5,5 (55)
Г-16	16 (160)	6,0 (60)
Г-19	19 (190)	6,5 (65)
Г-22	22 (220)	7,0 (70)
Г-25	25 (250)	8,0 (80)

Таблица П.4.2

Виды вяжущих по срокам схватывания

Вид вяжущего	Индекс сроков твердения	Срок схватывания, мин	
		Начало, не ранее	Конец, не позднее
Быстротвердеющий	А	2	15
Нормальнотвердеющий	Б	6	30
Медленнотвердеющий	В	20	Не норми- руется

Таблица П.4.3

Виды вяжущих по степени помола

Вид вяжущего	Индекс степени помола	Максимальный остаток на сите, %, не более
Грубого помола	I	23
Среднего помола	II	14
Тонкого помола	III	2

Приложение 5

Требования ГОСТ 530–2012 «Кирпич и камень керамические. Общие технические условия»

Таблица П.5.1

Номинальные размеры кирпича, мм

Вид изделия	Обозначение вида	Номинальные размеры			Обозначение размера изделия
		Длина	Ширина	Толщина	
Кирпич	КР	250	120	65	1 НФ
		250	85	65	0,7 НФ
		250	120	88	1,4 НФ
		250	60	65	0,5 НФ
		288	138	65	1,3 НФ
		288	138	88	1,8 НФ
		250	120	55	0,8 НФ
Кирпич с горизонтальными пустотами	КРГ	250	120	88	1,4 НФ
		250	200	70	1,8 НФ

Предельные отклонения в размерах кирпича не должны превышать величин, мм:

- по длине: ± 4 ;
- по ширине: кирпича и камня шириной не более 120 мм — ± 3 ; камня шириной более 120 мм — ± 5 ;
- по толщине: кирпича лицевого ± 2 ; кирпича рядового ± 3 ; камня ± 4 .

Отклонения от перпендикулярности смежных граней для кирпича и камня не допускаются более 3 мм.

Отклонение от плоскости граней для кирпича и камня не допускается более 3 мм.

Толщина наружных стенок пустотелого кирпича должна быть не менее 12 мм, камня — не менее 8 мм.

Таблица П.5.2

Дефекты внешнего вида изделия

Вид дефекта	Лицевые изделия	Рядовые изделия
Отбитости углов глубиной, отбитости ребер и граней длиной более 15 мм, шт.	Не допускаются	4
Отбитости углов глубиной, отбитости ребер и граней длиной не более 15 мм, шт.	2	Не регламентируются
Отдельные посечки суммарной длиной, мм, не более	40	Не регламентируются
Трещины, шт.	Не допускаются	4

Отклонение единичного значения средней плотности (для одного образца из 5) допускается не более:

+50 кг/м³ — для классов 0,7; 0,8 и 1,0;

+100 кг/м³ — для остальных классов.

Водопоглощение должно быть не менее 6 %.

Таблица П.5.3

Средняя плотность кирпича и камня

Класс средней плотности изделий	Средняя плотность, кг/м ³
0,7	До 700
0,8	710–800
1,0	810–1000
1,2	1010–1200
1,4	1210–1400
2,0	1410–2000
2,4	2010–2400

Таблица П.5.4

Прочностные показатели кирпича

Марка	Предел прочности при сжатии, МПа		Предел прочности при изгибе, МПа, не менее		Предел прочности при изгибе, МПа, не менее	
	Полнотелого кирпича		Пустотелого кирпича		Пустотелого кирпича	
	Средний для пяти образцов	Наименьший для отдельного образца	Средний для пяти образцов	Наименьший для отдельного образца	Средний для пяти образцов	Наименьший для отдельного образца
M1000	100,0	80,0	>4,4	4,4	>3,4	3,4
M800	80,0	64,0				
M600	60,0	48,0				
M500	50,0	40,0				
M400	40,0	32,0				
M300	30,0	25,0	4,4	2,2	3,4	1,7
M250	25,0	20,0	3,9	2,0	2,9	1,5
M200	20,0	17,5	3,4	1,7	2,5	1,3
M175	17,5	15,0	3,1	1,5	2,3	1,1
M150	15,0	12,5	2,8	1,4	2,1	1,0
M125	12,5	10,0	2,5	1,2	1,9	0,9
M100	10,0	7,5	2,2	1,1	1,6	0,8
M75	7,5	5,0	—	—	—	—

Окончание табл. П.5.4

Марка	Предел прочности при сжатии, МПа		Предел прочности при изгибе, МПа, не менее			
			Полнотелого кирпича		Пустотелого кирпича	
	Средний для пяти образцов	Наименьший для отдельного образца	Средний для пяти образцов	Наименьший для отдельного образца	Средний для пяти образцов	Наименьший для отдельного образца
M50	5,0	3,5	—	—	—	—
M35	3,5	2,5	—	—	—	—
M25	2,5	1,5	—	—	—	—
Для кирпичей и камней с горизонтальным расположением пустот						
M100	10,0	7,5	—	—	—	—
M75	7,5	5,0	—	—	—	—
M50	5,0	3,5	—	—	—	—
M35	3,5	2,5	—	—	—	—
M25	2,5	1,5	—	—	—	—

Приложение 6

Требования ГОСТ 7473–2010 «Смеси бетонные. Технические условия»

Таблица П.6.1

Классификация бетонных смесей по подвижности

Марка бетонной смеси по подвижности	Группа бетонной смеси	Показатель подвижности	
		жесткость, с	осадка конуса, см
Ж4	Жесткие	31 и более	—
Ж3		21–30	—
Ж2		11–20	—
Ж1		5–10	—
П1	Пластичные	1–4	4 и менее
П2		—	5–9
П3	Литые	—	10–15
П4		—	16–20
П5		—	21–25

Приложение 7

Требования ГОСТ 10180–2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам»

Таблица П.7.1

**Зависимость минимальных размеров образцов
от наибольшей крупности заполнителя**

Наибольшая крупность зерен заполнителя, мм	10	20	40	70	100
Размер ребра куба или диаметра цилиндра, мм	70	100	150	200	300

Приложение 8

Экспериментальная проверка качества строительных материалов

Экспериментальная проверка качества крупного заполнителя

Цель занятия — освоить методики испытания крупного заполнителя, определить строительно-технические характеристики конкретной пробы и соответствие их требованиям ГОСТов.

В учебной лаборатории работы по определению свойств крупного заполнителя обычно проводят бригадами, каждая из которых получает от преподавателя задание: определить вид крупного заполнителя, его фракционный состав, содержание пластинчатых и игловатых зерен, дробимость, насыпную, среднюю и истинную плотности, пористость и межзерновую пустотность.

После выполнения работы необходимо объединить полученную экспериментальную информацию и определить:

- соответствие крупного заполнителя требованиям ГОСТов по зерновому составу;
- группу по содержанию зерен пластинчатой и игловатой форм;
- марку по дробимости.

Результаты экспериментальной работы оформляются в виде отчета, содержащего:

- титульный лист с указанием названия работы, номера группы и фамилий студентов;

- цель работы и краткое описание методик проведения экспериментов;
- полученные первичные результаты, выполненные расчеты и выводы по каждому эксперименту;
- заключение о качестве крупного заполнителя.

Экспериментальная проверка качества мелкого заполнителя

Цель занятия — освоить методики испытания мелкого заполнителя, определить строительно-технические характеристики пробы песка, соответствие требованиям ГОСТов и установить принадлежность к определенной группе.

Для определения качества мелкого заполнителя изучают следующие свойства: вид мелкого заполнителя, фракционный состав, содержание пылевидных, илистых и глинистых частиц, насыпную, среднюю и истинную плотности материала, модуль крупности, пористость и межзерновую пустотность.

Полученную экспериментальную информацию следует проанализировать и определить:

- соответствие мелкого заполнителя требованиям ГОСТов по зерновому составу, содержанию пылевидных, илистых и глинистых частиц;
- группу крупности песка.

В итоге необходимо оценить возможность применения мелкого заполнителя для приготовления бетона, а в случае отрицательного вывода дать рекомендации по улучшению его качества. Результаты практической работы оформляются в виде отчета, содержащего:

- титульный лист с указанием названия работы, номера группы и фамилий студентов;
- цель работы и краткое описание методик проведения экспериментов;
- полученные первичные результаты, выполненные расчеты и выводы по каждому эксперименту;
- заключение о качестве мелкого заполнителя.

Экспериментальная проверка качества воздушной строительной извести

Цель занятия — получить практические навыки испытания воздушной извести, определить ее вид, строительно-технические характеристики, соответствие требованиям ГОСТов и установить принадлежность к сорту.

В учебной лаборатории работы по проверке качества воздушной извести проводят бригадами из 2–4 студентов, каждая из которых определяет следующие показатели: вид воздушной извести, содержание активных оксидов кальция и магния, время и температуру гашения, содержание непогасившихся зерен.

После выполнения работы студенты анализируют полученные экспериментальные данные и определяют в соответствии с требованиями ГОСТ 9179–77:

- принадлежность исследованной пробы к одному из сортов извести по содержанию активных оксидов кальция и магния и содержанию непогасившихся зерен;

- принадлежность к одному из видов извести по времени и температуре гашения.

В итоге бригада должна определить возможность применения испытанной извести в строительстве, а в случае отрицательного вывода — дать рекомендации по улучшению ее качества. Результаты экспериментальной работы студенты оформляют в виде отчета, содержащего:

- титульный лист с указанием названия работы, номера группы и фамилий студентов;

- цель работы и краткое описание методик проведения экспериментов;

- полученные первичные результаты, выполненные расчеты и выводы по каждому эксперименту;

- заключение о качестве воздушной извести.

Экспериментальная проверка качества гипсового вяжущего

Цель занятия — провести практические испытания гипсового вяжущего, определить основные строительно-технические характеристики, соответствие требованиям ГОСТов и установить принадлежность его к марке.

Работы по определению качества гипсового вяжущего проводят бригадами из 2–4 студентов, каждая из которых определяет: тонкость помола, нормальную густоту гипсового теста, сроки схватывания, прочностные характеристики.

После выполнения работы студенты анализируют полученные экспериментальные данные и определяют:

- индекс тонкости помола;
- индексы сроков схватывания;
- принадлежность гипсового вяжущего к одной из марок по прочности.

Марку гипсового вяжущего определяют в соответствии с ГОСТ 125–79. Результаты экспериментальной работы оформляются в виде отчета, содержащего:

- титульный лист с указанием названия работы, номера группы и фамилий студентов;
- цель работы и краткое описание методик проведения экспериментов;
- полученные первичные результаты, выполненные расчеты и выводы по каждому эксперименту;
- заключение о качестве гипсового вяжущего и оптимальных областях его применения в строительстве.

Экспериментальная проверка качества кирпича строительного

Цель занятия — получить практические навыки испытания строительных кирпичей, определить вид кирпича и его строительно-технические характеристики, соответствие требованиям ГОСТов и установить принадлежность к марке.

Работы по определению свойств строительного кирпича проводят бригадами из 2–4 студентов, каждый из которых определяет: вид строительного кирпича, от которого зависят требования к испытаниям, дефекты и номинальные размеры, среднюю плотность, водопоглощение, прочность на сжатие и изгиб.

После выполнения работы студенты анализируют полученные экспериментальные данные и оценивают:

- соответствие кирпича требованиям нормативных документов по количеству и размерам дефектов, отклонениям от номинальных размеров, водопоглощению;

- принадлежность к одному из классов по средней плотности;

- марку кирпича по прочности на сжатие и изгиб.

В итоге бригада должна определить вид и маркировку строительного кирпича, а также рекомендуемые области применения в строительстве. Результаты практической работы оформляются в виде отчета, содержащего:

- титульный лист с указанием названия работы, номера группы и фамилий студентов;

- цель работы и краткое описание методик проведения экспериментов;

- полученные первичные результаты, выполненные расчеты и выводы по каждому эксперименту;

- заключение о качестве строительного кирпича.

Экспериментальная проверка качества бетонной смеси и бетона

Цель занятия — освоить методику расчета состава бетона по методу абсолютных объемов, познакомиться с методиками испытания бетонной смеси и бетона, определить марку по удобоукладываемости бетонной смеси, класс бетона по прочности на сжатие и выявить соответствие заданным параметрам.

Работу по расчету состава бетона и определению свойств бетонной смеси и бетона проводят бригадами из 2–4 студентов.

После выполнения работы студенты анализируют полученные экспериментальные данные и определяют:

- марку бетонной смеси по подвижности;
- соответствие прочности образцов бетона одному из классов.

В итоге бригада должна определить маркировку полученной бетонной смеси. Результаты практической работы оформляются в виде отчета, содержащего:

- титульный лист с указанием названия работы, номера группы и фамилий студентов;
- цель работы и краткое описание методик проведения экспериментов;
- полученные первичные результаты, выполненные расчеты и выводы по каждому эксперименту;
- заключение о качестве бетонной смеси и бетона, а также рекомендации по областям их применения в строительстве.

Экспериментальная проверка качества сухой строительной смеси

Цель занятия — познакомиться с методиками испытания сухой строительной смеси, определить ее строительно-технические характеристики, соответствие требованиям ГОСТов и установить соответствие заявленной производителем маркировке.

Работы по определению свойств сухой строительной смеси (подвижность, водоудерживающая способность и другие) проводят бригадами из 2–4 студентов.

После выполнения работы студенты анализируют полученные экспериментальные данные и определяют соответствие характеристик смеси заявленной производителем маркировке. Результаты практической работы оформляются в виде отчета, содержащего:

- титульный лист с указанием названия работы, номера группы и фамилий студентов;
- цель работы и краткое описание методик проведения экспериментов;
- полученные первичные результаты, выполненные расчеты и выводы по каждому эксперименту;
- заключение о качестве сухой строительной смеси, а также рекомендации по оптимальным областям ее применения в строительстве.

Оглавление

Введение	3
1. Классификация строительных материалов	7
2. Природные каменные материалы	12
3. Воздушные вяжущие вещества	31
4. Искусственные керамические каменные материалы	51
5. Композиционные материалы на основе вяжущих веществ	63
Заключение	82
Список литературы	84
Приложение 1	86
Приложение 2	88
Приложение 3	90
Приложение 4	91
Приложение 5	93
Приложение 6	97
Приложение 7	98
Приложение 8	99

Учебное издание

Руднов Василий Сергеевич
Владимирова Елена Владимировна
Доманская Ирина Кузьминична
Герасимова Екатерина Сергеевна

**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ
МАТЕРИАЛОВ: ОСНОВНЫЕ МЕТОДИКИ
ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ**

Редактор *Н. П. Кубыщенко*
Компьютерный набор *Е. С. Герасимовой*
Компьютерная графика *Р. В. Бутина*
Верстка *Е. В. Ровнушкиной*

Подписано в печать 15.02.2018. Формат 60×84 1/16.
Бумага писчая. Цифровая печать. Усл. печ. л. 6,3.
Уч.-изд. л. 4,1. Тираж 100 экз. Заказ 54.

Издательство Уральского университета
Редакционно-издательский отдел ИПЦ УрФУ
620049, Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 5
Тел.: 8 (343) 375-48-25, 375-46-85, 374-19-41
E-mail: rio@urfu.ru

Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре УрФУ
620083, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4
Тел.: 8 (343) 358-93-06, 350-58-20, 350-90-13
Факс: 8 (343) 358-93-06
<http://print.urfu.ru>

